This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

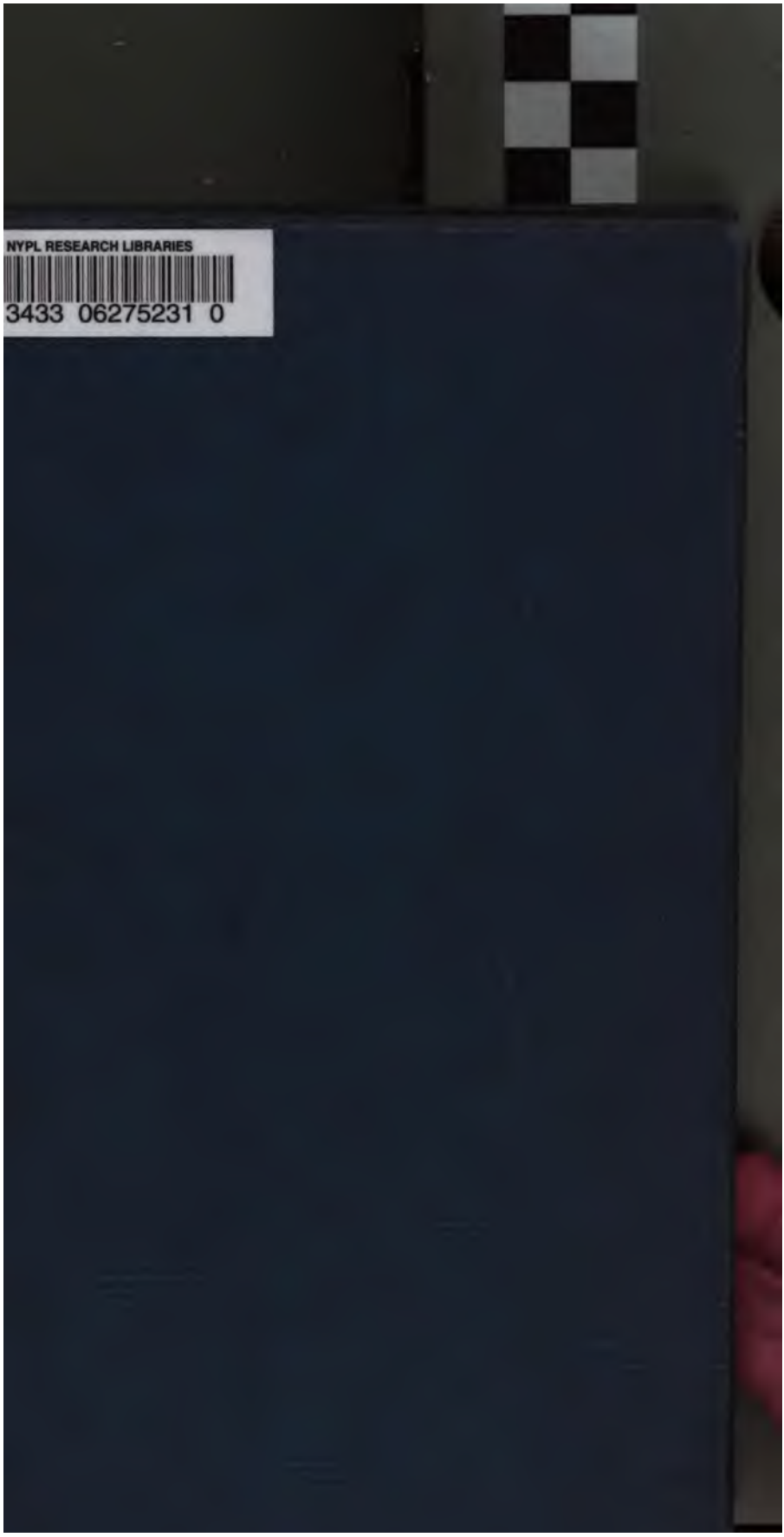
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.


NYPL RESEARCH LIBRARIES
3433 06275231 0

ANNALEN

DER

PHYSIK UND CHEMIE.

BAND CXVII.

ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

VIERTE REIHE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

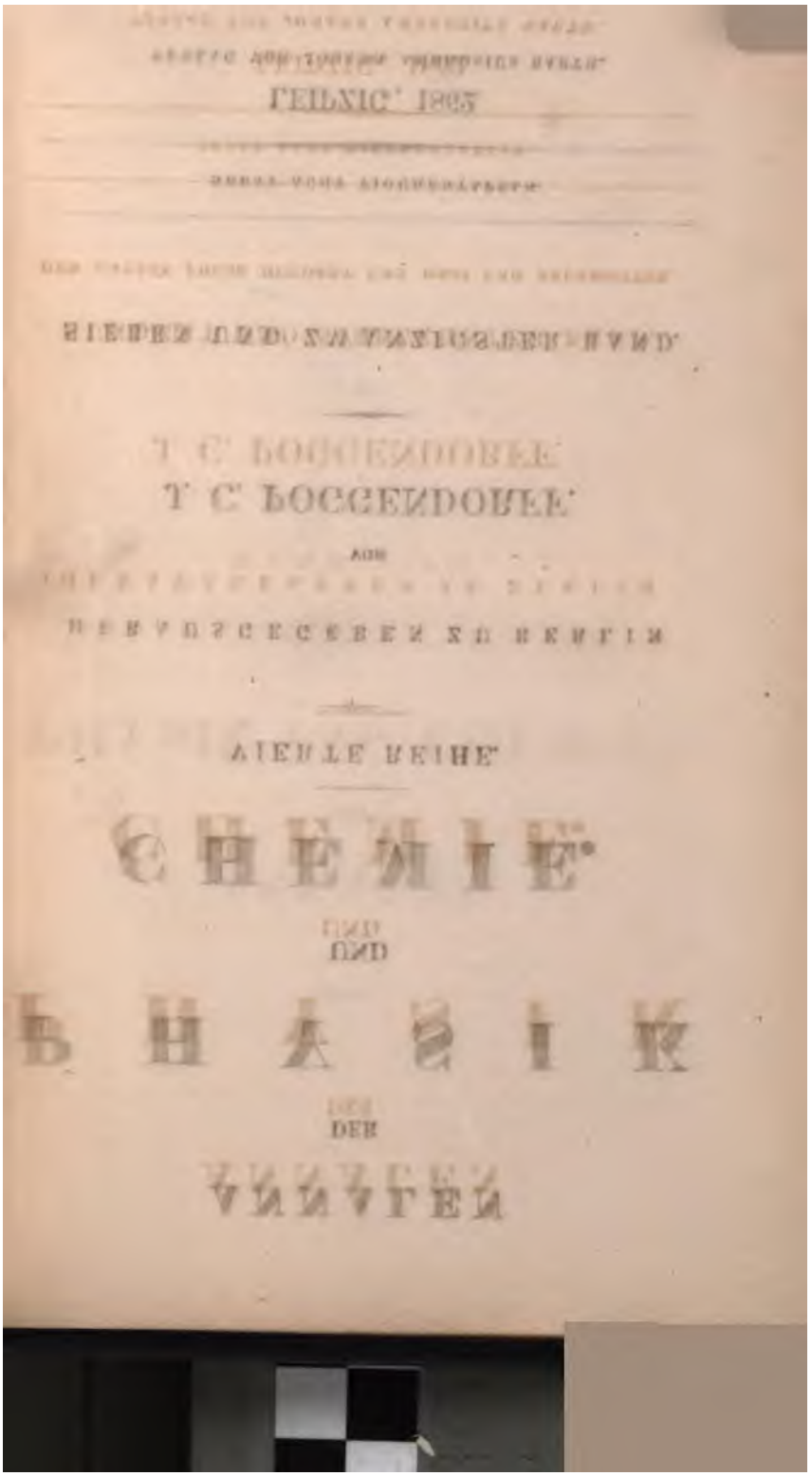
117

SIEBEN UND ZWANZIGSTER BAND.

MEBST ACHT FIGURENTAFELN.

LEIPZIG, 1862.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.



ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

VIERTE REIHE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

SIEBEN UND ZWANZIGSTER BAND.

LEIPZIG, 1862.

ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

HUNDERT UND SIEBZEHNTER BAND.

DER GANZEN FOLGE HUNDERT UND DREI UND NEUNZIGSTER.

NEBST ACHT FIGURENTAFELN.

LEIPZIG, 1862.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

[redacted]

Inhalt

des Bandes CXVII der Annalen der Physik und Chemie.

Erstes Stück.

Seite

I. Ueber das elektrische Leitungsvermögen der Flüssigkeiten; von W. Beetz 1

II. Ueber die Dispersion des Lichts; von E. B. Christoffel . . 27

III. Beitrag zur Lehre von der Erhaltung der lebendigen Kraft; von E. Segnitz 46

IV. Ueber die Polysulfurete des Strontiums und Calciums; von E. Schöne 58

V. Ueber die Entstehung des Hagels; von F. Mohr 89

VI. Zur Polarisation des Lichtes durch einfache Brechung; von C. Bohn 117

VII. Ueber einige neue Beziehungen zwischen der Atomzahl und dem specifischen Gewicht der Elemente und einfachen Verbindungen; von H. Fleck 132

VIII. Ueber den Einfluſs, den die Unebenheiten der Erdoberfläche und des Meeresbodens auf die Veränderung des Niveaus des Meeres ausüben; von G. R. Dahlander 148

IX. Ueber die transversalen Schwingungen belasteter Stäbe; von F. Lippich 161

X. Kleine Versuche über elektrische Erscheinungen; von F. C. Henrici 175

XI. Ueber die Bildung des Ozons auf chemischem Wege; von R. Böttger 188

XII. Ein neues Metall im gediegenen Platin vom Rogue River in Oregon; von C. F. Chandler 190

XIII. Logeman'sche Magnete 192

(Geschlossen am 24. September 1862.)

Seite

Zweites Stück.

I. Magnetische Untersuchungen; von G. Wiedemann 193
Abhängigkeit des temporären magnetischen Moments von der magnetisirenden Kraft S. 194. — Ueber die Beziehungen zwischen Torsion und Magnetismus S. 203.
II. Ueber die von Hrn. Dub aufgestellten Gesetze der Elektromagnete; von Demselben 218
III. Die Lehre von der Brechung und Farbenzerstreuung des Lichts an ebenen Flächen und in Prismen, in mehr synthetischer Form dargestellt; von E. Reusch 241
IV. Ein Diffusionsversuch; von H. Hoffmann 263
V. Ueber einige Eigenschaften des Inductionsstroms; von P. L. Rijke 276
VI. Ueber die Fraunhofer'schen Linien im Sonnenspectrum; von A. J. Ångström 290
VII. Elektrische Iodfiguren; von P. Buttel 302
VIII. Ueber die Zustände, in denen das Silber bei der Reduction seiner Salze auf nassem Wege auftritt; von H. Vogel . . . 316
IX. Widerlegung einer von J. Heussi vorgeschlagenen Verbesserung an Repetitionstheodolithen und Nivellirinstrumenten; von O. Börsch 342
X. Ueber das verkehrte Bild beim Hohlspiegel; von H. Boltze . 348
XI. Bemerkung zu A. Schrauf's: Vergleichung von Zippe's Vanadit mit der Mineralspecies Descloizit; von G. Tschermak . . 349
XII. Ueber das Spectrum einer Lösung von salpetersaurem Didymoxyd; von O. N. Rood 350
XIII. Neues leichtflüssiges Metallgemisch; von B. Wood . . . 351
XIV. Berichtigung von F. Kefsler 352

(*Geschlossen am* 1. *November* 1862.)

Drittes Stück.

I. Ueber die Brechungsexponenten flüssiger homologer Verbindungen; von H. Landolt 353
II. Ueber den Einfluſs des Drucks auf die Löslichkeit einiger Salze; von K. Möller 386
III. Die Abhängigkeit elektrischer Ströme von der Form ihrer Schlieſsung; von P. Rieſs 417
IV. Verhalten eines homogenen isotropen Ellipsoïdes im homogenen magnetischen Felde, und Ableitung der magnetischen Inductions-Constanten aus demselben; von A. Dronke 437
V. Ueber die Ausdehnung des Wassers beim Gefrieren; von Duvernoy 454
VI. *Die Reflexionsconstanten*; von V. S. M. van der Willigen . 464

Seite

VII. Ueber eine neue Art amorthoskopischer Zerrbilder; von F. Zöllner 477
VIII. Entlader für Reibungselektricität; von F. Plattner 485
IX. Ueber eine mechanische Wirkung des elektrischen Funkens; von G. Zehfuſs 487
X. Ueber die elfjährige Periode in den Sonnenflecken und erdmagnetischen Variationen; von R. Wolf 502
XI. Resultate aus Beobachtungen der Sonnenflecke; von G. F. W. Spörer 509
XII. Ueber den Meteorstein von Lons-le-Saunier im Jura-Departement; von P. A. Kesselmeyer 526
XIII. Vortheilhafte Darstellung des Kienmayer'schen Amalgams; von C. A. Grüel 527
XIV. Notizen. 1) Gediegenes Zink. 2) Neue Darstellungsweise von metallischem Chrom, Mangan und Kobalt 528

(*Geschlossen am 29. November 1862.*)

Viertes Stück.

I. Photochemische Untersuchungen; von R. Bunsen und Roscoe 529
II. Experimentelle Untersuchungen über Kummer'sche Strahlenbündel; von G. Quincke 563
III. Ueber die Brechungs- und Zerstreuungs-Verhältnisse einiger organischen und unorganischen Substanzen; von W. Sauber . . 577
IV. Ueber das Studium des elektrischen Funkens mittelst Photographie; von O. N. Rood 595
V. Ueber J. Kravogl's Quecksilber-Luftpumpe; von A. Edlem v. Waltenhofen 606
VI. Ueber den Unterschied der Wärmestrahlung in geschlossenen Thälern und auf Hochebenen; von J. H. Koosen 611
VII. Ueber die Grundeis-Bildung; von Berger 615
VIII. Ueber die Erzeugung von Tönen durch Wärme; von J. Schneider 622
IX. Ueber die Zusammensetzung eines fossilen Eies; von H. Rose 627
X. Ueber ein einfaches Verfahren, mikroskopische Ansichten photographisch aufzunehmen; von H. Vogel 629
XI. Ueber den Asterismus der Krystalle, insbesondere des Glimmers und des Meteoreisens; von G. Rose 632
XII. Meteorsteinfall bei Menow in Meklenburg-Strelitz 637
XIII. Ueber subjective Licht-Erscheinungen; von H. Aubert . . 638
XIV. Versuch einer Theorie der Fluorescenz; von E. Lommel . 642
XV. Ueber *die Magnetisirung von Stahlnadeln* durch den Entladungs*strom der Leydner Batterie;* von A. Paalzow 645

Seite

XVI. Kurze Bemerkung zu Hrn. Dr. Fleck's: »Beziehungen zwischen Atomgewicht und specifischem Gewicht«; von F. Mohr . . . 648

XVII. Zur Charakteristik der Mineralspecies Anhydrit; von A. Schrauf 650

XVIII. Ueber den Farbstoff einiger Edelsteine; von J. Schneider 653

XIX. Ueber das Farbenspectrum; von S. Merz 654

XX. Ein Paar neuer Barometer 656

XXI. Anomale Dispersion des Ioddampfs; von F. P. Leroux . . 659

(*Geschlossen am* 6. *Januar* 1863.)

Nachweis zu den Kupfertafeln.

Taf. I. — Beetz, Fig. 1, S. 5 u. 7; Fig. 2, S. 16; Fig. 3, S. 19; Fig. 4, S. 21. — Wiedemann, Fig. 5, S. 207; Fig. 6 u. 7, S. 212.

Taf. II. — Reusch, Fig. 1, S. 241; Fig. 2, S. 242; Fig. 3, S. 243; Fig. 4, S. 246; Fig. 5, S. 248 u. 249; Fig. 6, S. 251, 253 u. 255; Fig. 7, S. 255; Fig. 8, S. 259; Fig. 9, S. 261.

Taf. III. — Ångström, Fig. 1, 296. — Rood, Fig. 2, S. 351. — Bolze, Fig. 3, S. 348, Fig. 4, S. 349. — v. Waltenhofen, Fig. 5, S. 406. — Börsch Fig. 6^a u. 6^b, S. 344. — Rood, Fig. 7, S. 599; Fig. 8, S. 601; Fig. 9. S. 601; Fig. 10, S. 604.

Taf. IV. — Landolt, Fig. 1, S. 371; Fig. 2, S. 384.

Taf. V. — Möller, Fig. 1—4, S. 395; Fig. 5, S. 398; Fig. 6, S. 409.

Taf. VI. — Möller, Fig. 1, 2 u. 3, S. 402. — Plettner, Fig. 4, S. 485.

Taf. VII. — Bunsen u. Roscoe, Fig. 1, S. 531; Fig. 2, S. 532; Fig. 3, S. 535 u. 542; Fig. 4 u. 5, S. 560.

Taf. VIII. — G. Rose, Fig. 1, S. 633; Fig. 2, S. 634.

Berichtigungen.

Zum Aufsatz von Schröder van der Kolk Bd. CXVI.

S. 429 Z. 8 v. u. statt: $k(1+\alpha\tau)$ lies: $\varkappa(1+\alpha\tau)$

S. 429 Z. 7 v. u. statt: $k\alpha$ lies: $\varkappa\alpha$

S. 433 Z. 6 u. 7 v. o. statt: $6{,}590720^{-10}$ lies: $6{,}590720-10$

S. 435 Z. 2 v. o. statt: k lies: k_1

S. 435 Z. 11 u. 12 v. u. statt: $7{,}0946756^{-10}$ lies: $7{,}0946756-1$

S. 436 Z. 8 v. u. statt: mehrere lies: geringere

S. 437 Z. 6 v. o. statt: 1,35955 lies: 1,36955

S. 437 Z. 7 v. u. statt: gemessen lies: genommen

S. 438 Z. 15 v. u. statt: k_1 lies: k_A

S. 439 Z. 4 v. o. statt: $\lg\frac{373{,}15}{277{,}15}=\frac{0{,}129168}{0{,}129745}$ lies:

$$\lg\frac{373{,}15}{277{,}15}=0{,}129168$$

S. 439 Z. 9 v. o. statt: vierten lies: fünften

S. 440 Z. 4 v. u. statt: $(k-1)B$ lies: $(k-1)-B$

S. 442 Z. 11 u. 12 v. u. statt: k^{100} 0,9 lies: $k^{100}=0{,}9$ etc.

S. 442 Z. 8 v. u. statt: $1=A(k-1)$ lies: $1-A(k-1)$

S. 444 Z. 7 v. u. statt: Gases lies: Glases

S. 445 Z. 17 v. u. statt: Gültigkeit lies: die Gültigkeit

S. 446 Z. 14 v. u. statt: 1,136707 lies: 1,36707

S. 448 Z. 17 v. u. statt: khl lies: $k_A t$

S. 448 Z. 10 v. u. statt: $k^{\lambda t}$ lies: k_A^t

S. 450 Z. 5 v. u. statt: die specifische Wärme lies: den Ausdehnungscoëfficient

S. 451 Z. 18—15 v. u. statt: k lies: λ

Ueberdiefs mufs der Satz S. 443 Z. 11 v. u., S. 444 Z. 15 v. u. und 452 Z. 13 v. u. mit einem Alinea anfangen.

Zum Aufsatz von Perrot, Bd. CXVI.

S. 511 Z. 10 v. u. statt: 0,01 Millimeter lies: 0,01 Milliontel

Zum Aufsatz von E. Schöne, Bd. CXVII.

S. 61 Z. 12 u. 13 v. u. statt: SrS^4+2HO lies: SrS^4+6HO

S. 61 Z. 5 v. u. statt: verdunstet lies: vermischt

S. 62 Z. 15 v. o. statt: SrS^2+2HO lies: SrS^4+2HO

S. 67 Z. 8 v. u. } statt: Strontiumerdehydrat lies: Strontianerdehydrat
S. 71 Z. 8 v. o. }
S. 69 Z. 11 v. o. mufs doch fortfallen
S. 74 Z. 12 u. 13 v. o. statt: noch 24 Stunden lang lies: nach 24 Stunden lang
S. 83 Z. 1 v. o. fehlt zwischen festen und Kalkhydrat ein Komma.

Zum Aufsatz von C. Bohn Bd. CXVII.

S. 119 Z. 19 v. o. statt: n lies: r
S. 121 Z. 20 v. o. statt: benachbarten lies: berechneten
S. 121 Z. 6 v. u. nach Lichts lies: (V_b)
S. 122 Z. 12 v. u. vor (T_b) lies: des gesammten gebrochenen Lichts
S. 126 Z. 14 v. o. statt: 0,28412 lies: 0,38412
S. 131 Z. 1 v. o. statt: halben lies: hellen
S. 123 Z. 11 v. o. statt: 0,3069 lies: 0,3842
S. 123 Z. 13 v. o. statt: Null lies: $\frac{n^2-1}{n^2+1}=0{,}3847$

Zum Aufsatz von Duvernoy Bd. CXVII.

S. 462 Z. 11 v. o. statt: beim ersteren lies: beim Erstarren

Zum Aufsatz von R. Wolf Bd. CXVII.

S. 503 u. 504 sind die Relativzahlen für die Jahre 1754 u. 1813 respective 13,8 u. 13,7, nicht 73,8 u. 73,7, und die Variation für 1831: 12,17 nicht 72,17.

1862. ANNALEN No. 9.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND CXVII.

I. *Ueber das elektrische Leitungsvermögen der Flüssigkeiten; von W. Beetz.*

Die Bestrebungen, die Abhängigkeit des elektrischen Leitungsvermögens einer Flüssigkeit von ihrer Temperatur und von ihrer Concentration zu bestimmen, sind bisher von sehr mäfsigem Erfolge gekrönt gewesen. Es wird nicht nöthig seyn, die ganze Reihe der Arbeiten, welche diesen Gegenstand behandelt haben, hier aufzuzählen, da man dieselben in Wiedemann's »Lehre vom Galvanismus und Elektromagnetismus« (1. Theil S. 191) vollständig zusammengestellt *findet*. Ich erlaube mir deshalb nur Einiges über die Methoden zu sagen, welche bei jenen Arbeiten in Anwendung gekommen sind.

Die Schwierigkeit der Bestimmung der Widerstände in Leitern zweiter Klasse beruht bekanntlich lediglich in der Veränderlichkeit der Elektroden. Die Polarisation derselben wirkt auf die Stromstärke in demselben Sinne ein wie eine Vergröfserung des Widerstandes. Um vom Einflusse der Polarisation frei zu bleiben, haben die verschiedenen Experimentatoren zwei Wege eingeschlagen. Die meisten derselben (Hankel, Horsford, Wiedemann, E. Becquerel, Schmidt) haben Flüssigkeitssäulen von verschiedener Länge in den Strom geschaltet, aber die Polarisation (freilich nicht Alle mit gleichem Erfolge) dadurch constant zu halten gesucht, dafs sie die Stromstärke durch Veränderung eines gleichzeitig eingeschalteten Rheostatenwiderstandes immer wieder auf die frühere Gröfse brachten. Hierdurch *kommt die Polarisation ganz aufser* Betracht, da nur der *Widerstand der Differenz der beiden* Flüssigkeitssäulen mit

dem Widerstande eines Drahtes verglichen wird. Andere (Becker, Lenz, Saveljev) haben die Polarisation in Rechnung gebracht, aber allerdings unter der Voraussetzung, dafs dieselbe innerhalb der Gränzen ihrer Messungen auch für verschiedene Stromstärken constant sey. Zugegeben, dafs auf beiden Wegen der Einflufs der Polarisation eliminirt sey, so müssen die meisten dieser Messungen noch einer anderen Fehlerquelle ausgesetzt seyn, welche in den neuen Widerständen zu suchen ist, die sich auf der Oberfläche der Elektroden bilden. Ich habe mich an einer anderen Stelle[1]) darüber ausgesprochen, dafs derartige Leitungswiderstände des Ueberganges, ganz abgesehen von dem vielbesprochenen und ebensowenig nachgewiesenen als widerlegten Uebergangswiderstande, überall auftreten müssen, wo sich eine Elektrode mit einer Oxydschicht, einer Gasschicht oder auch nur mit einer Schicht des Elektrolyten in einem Concentrationsgrade bedeckt, in welchem derselbe ein schlechterer Leiter ist, als in der grofsen Masse der Flüssigkeitssäule. Besonders unvermeidlich wird ein solcher Widerstand bei der Elektrolyse verdünnter Säuren, bei welcher man, um die Polarisation constant genug zu halten, starke Ströme anwenden, und also die Polplatten mit einer reichlichen Menge von Gasblasen bedecken mufs. Bliebe die Art dieser Bedeckung immer die gleiche, so würde, wenigstens bei der Methode, bei welcher mit gleichbleibenden Stromstärken gearbeitet wird, auch dieser Leitungswiderstand des Ueberganges aus der Rechnung verschwinden. Diese Annahme darf aber nicht gemacht werden; diese Bedeckung mufs z. B. bei gleichbleibender Stromstärke mit der Stromdichtigkeit veränderlich seyn, d. h. der Widerstand mufs ein anderer seyn, wenn Flüssigkeitssäulen von grofser, und wenn Flüssigkeitssäulen von kleiner Durchschnittsfläche in den Strom eingeschaltet werden, denn in ersterem Falle sind weniger Punkte der Polplatte der Berührung mit der Flüssigkeit entzogen, als in letzterem. Gewifs liegt in *diesem Umstande ein* Hauptgrund der grofsen Abweichungen,

1) Diese Annalen Bd. XCIV S. 204.

welche zwischen den Angaben verschiedener Physiker über den Widerstand ein und derselben Flüssigkeit bei gleicher Temperatur stattfinden [1]).

Betrachtet man aufser diesen Abweichungen unter den relativen Widerstandsbestimmungen noch den gänzlichen Mangel an Uebereinstimmung zwischen den Reductionen dieser Bestimmungen auf ein bekanntes Maafs, so dürften neue Untersuchungen über den fraglichen Gegenstand nicht überflüssig erscheinen.

Schon seit längerer Zeit hatte ich mir einen Plan gemacht, nach welchem die Widerstandsmessungen von jedem Einflusse der Elektrodenbeschaffenheit befreit seyn mufsten. Wenn man nämlich nur eine Combination aus einer Flüssigkeit und einem Elektrodenpaar kennt, in welchem durch den Strom weder Polarisationen noch neue Widerstände entstehen, so läfst sich dieselbe in Bezug auf Widerstandsmessungen ganz wie ein fester Leiter behandeln; es ist also leicht, ihren Widerstand auf eine bekannte Einheit zu beziehen. Ist diefs geschehen, so sind nur noch Vergleichungen zwischen irgend welchen inducirenden Wirkungen in den verschiedenen Flüssigkeiten nöthig, welche Wirkungen nach irgend einem bekannten Gesetze von nichts Anderem, als von der relativen Leitungfähigkeit dieser Flüssigkeiten abhängen. Sind durch solche Wirkungen, ganz ohne Hinzukommen fester Elektroden, die relativen Widerstände ermittelt, so können dieselben ebenfalls auf das früher angenommene Maafs reducirt werden. Als ich schon einen beträchtlichen Theil meiner Versuche nach diesem Plan durchgeführt hatte, erschien eine Arbeit von Marié-Davy [2]), in welcher die Leitungsfähigkeit einer Reihe von Salzlösungen bei verschiedenen Concentrationen und bei verschiedenen Temperaturen auf die Leitungsfähigkeit des Quecksilbers reducirt wird. Der Verfasser sagt von seinen Versuchen, dafs deren Resultate weder durch Uebergangswiderstände, noch durch die Veränderungen, welche der Strom

1) *Vergl. z. B. Wiedemann's Lehre vom Galvanismus* I., S. 265*.
2) *Comptes rendus LIV. p.* 465*; *Institut. N.* 1470 *p.* 75*.

in den Flüssigkeiten, die er durchläuft, hervorbringt, beeinträchtigt seyen, theilt aber weder die Methode, die er anwandte, noch seine Originalbeobachtungen, sondern nur die aus ihnen abgeleitete empirische Formel mit. Die nach dieser Formel berechneten Werthe stimmen aber so wenig mit meinen Messungen, dafs ich meine Versuche ungestört fortsetzte. Ich will im Folgenden den einen abgeschlossenen Theil derselben bekannt machen und über die Mittel berichten, welche ich zur Ausführung des zweiten Theiles angewandt habe.

Als Einheit des Widerstandes benutzte ich, nach Siemens [1]) Vorgang, denjenigen Widerstand, welchen eine Quecksilbersäule von 1 M. Länge und 1 □-Mm. Querschnitt bei 0° C. leistet. Den Mefsapparat, mit welchem ich arbeitete, verdanke ich der Werkstätte von Siemens und Halske. Es ist ein Apparat nach dem Schema einer Kirchhoff'schen Brücke, aber nicht von der Construction, welche Siemens a. a. O. beschrieben hat, sondern ein Stöpselapparat; wird an irgend einer Stelle ein Metallstöpsel, welcher die Verbindung zwischen zwei metallenen Leiterstücken unmittelbar herstellt, herausgezogen, so ist die Leitung zwischen beiden nur noch durch eine Drahtrolle von bekanntem Widerstande vermittelt. Heifsen die vier Zweige des Systems a, b, c und d, so dafs a und b einerseits, c und d andrerseits mit den unverzweigten Leitern verbunden sind, so ist in der, die Verbindungspunkte ac und bd mit einander verbindenden Brücke die Stromintensität der Null gleich, wenn

$$a : b = c : d$$

ist. Die Widerstände a, b und c können durch Ausziehen von Stöpseln aus dem Apparat am richtigen Orte eingeschaltet werden; d ist durch den zu messenden Widerstand dargestellt, welchen der flüssige Leiter darbietet. Bei meinen Versuchen machte ich $a = b$, dann mufs d unmittelbar $= c$ seyn. Da ich bei dieser Combination keinen kleineren Widerstand als 1 hätte messen können, so schaltete ich

1) *Diese Annalen* Bd. CX S. 1*.

in *c* noch einen kleinen Rheochord ein, dessen beide parallele Platindrähte durch einen, aus gehärtetem Kautschuck gearbeiteten und mit Quecksilber gefüllten, Schlitten laufen. Durch die Verschiebung dieses Schlittens kann mit grofser Bequemlichkeit 0,01 Einheit (wenn es nöthig wäre auch kleinere Bruchtheile) abgelesen werden. In der Brücke befand sich ein Spiegelgalvanometer, dessen Stellung mit Fernrohr und Scala abgelesen wurden.

Grofse Sorgfalt verwandte ich auf die genaue Abgränzung der Flüssigkeit. Diese wurde durch Auskochen von aller absorbirten Luft befreit, noch warm in ein cylindrisches Glasrohr gegeben, dessen Enden gerade abgeschliffen waren. Zu dem Ende wurde zuerst die eine kreisrunde mit einem angelötheten dicken Kupferdraht versehene Metallplatte *a* (Fig. 1 Taf. I) auf das eine Ende der Glasröhre gelegt, und durch ein übergezogenes Rohr von vulcanisirtem Kautschuck luftdicht darauf festgedrückt. Dann wurde das Rohr mit der warmen Lösung gefüllt und die zweite Platte *b* ebenfalls aufgedrückt, welche sich nur dadurch von *a* unterscheidet, dafs eine ganz feine Oeffnung durch dieselbe gebohrt ist. Das überstehende Stück der Kautschuckhülle wurde ebenfalls mit der Lösung gefüllt, dann wurde die Platte *b* etwas gehoben und so gegen die Röhre gedrückt, dafs alle etwa abgesperrte Luft entweichen mufste. Hierauf wurde das Ende des Rohres so in eine Seitenöffnung des Glases *B* gesteckt, dafs die Kautschuckkappe diese Oeffnung dicht verschlofs; das Glas *B* wurde dann bis zu seinem Rande ebenfalls mit der Lösung gefüllt, und mit einer Kautschuckplatte, durch welche der Leitungsdraht gesteckt war, so geschlossen, dafs es keine Luft enthielt. Die Rückseite der Endplatten und die Leitungsdrähte waren mit einem isolirenden Ueberzuge versehen. In gleicher Weise wurde das Ende *a* in ein zweites Glas *A* gesteckt, eigentlich nur der bequemen Aufstellung wegen, doch wurde auch dieses Glas mit der zu prüfenden Lösung gefüllt, um beide Enden *der Röhre unter möglichst* gleiche Bedingungen zu *versetzen; nur der obere Verschlufs* unterblieb. Diese ganze

Vorrichtung wurde jetzt in einen Kasten von Weifsblech gestellt, und in demselben mit Wasser umgeben, welches durch Gaslampen auf verschiedene Temperaturen gebracht wurde. Dehnte sich bei einer Temperaturerhöhung die Flüssigkeit aus, so entwich ein Theil durch die feine Oeffnung in das Glas; zog sie sich bei einer Abkühlung zusammen, so füllte sich die Röhre sofort durch den Eintritt neuer Flüssigkeit aus dem Glase, während die obere Kautschuckplatte den dadurch eintretenden Volumveränderungen leicht folgte, ohne Luft in die Gefäfse eintreten zu lassen. Die beiden Drahtenden *e* und *f* wurden durch dicke (widerstandslose) Kupferdrähte so mit dem Stöpselapparat verbunden, dafs der zwischen ihnen liegende Leiter den Zweig *d* darstellte.

Die Lösungen, deren Widerstände ich in diesem Apparate mafs, waren Zinkvitriollösungen. Durch die Untersuchungen von E. du Bois-Reymond [1]) ist bekannt, dafs amalgamirte Zinkplatten in concentrirten Zinkvitriollösungen gar nicht polarisirt werden. In der That zeigt sich diese auffallende Thatsache auch bei meinen Versuchen sehr deutlich. Wenn man nämlich den Widerstand *c* so aufgefunden hat, dafs der Spiegel des Galvanometers in der Brücke auf Null zeigt, wenn also *c* gleich dem Widerstande der Flüssigkeitssäule ist und man kehrt plötzlich die Richtung des Stromes in der ganzen Combination um, so bleibt der Spiegel ruhig auf Null stehen, was natürlich unmöglich wäre, wenn sich im Zweige *d* eine elektromotorische Kraft gebildet hätte. Man könnte demnach den Widerstand einer solchen Zinkvitriolsäule ganz mit derselben Bequemlichkeit und Sicherheit messen, wie den eines Metalldrahtes, wenn man sich von der Abwesenheit eines Uebergangswiderstandes überzeugt hätte. Um über diesen ins Klare zu kommen, stellte ich folgende Versuche an: In die, wie oben vorgerichtete, Röhre wurde, ehe sie verschlossen wurde, eine Reihe amalgamirter Zinkklötze gebracht, welche stempelartig an die Röhrenwände anschlossen, und in ihrer

1) *Sitzungsber. d.* Berl. Akademie 1859, S. 465.

Axe mit einem feinen Bohrer durchbohrt waren. Die Klötze hafteten in der Regel, sobald sie sich berührten, fest aneinander, doch konnten einige immer durch Neigen des Rohres von einander getrennt werden. Lagen alle Klötze dicht aneinander und auch fest an einer Polplatte, so trat der Strom nur an den beiden Enden der Flüssigkeitssäule aus dem Metall in die Flüssigkeit, und durchlief dann dieselbe. Waren die Klötze von einander und von der Polplatte abgerückt, so mufste er mehre Male aus dem Metalle in die Flüssigkeit übertreten, die Länge der durchlaufenen Flüssigkeitssäule aber blieb immer die gleiche.

In einer Versuchsreihe bei 16° C. leistete das Rohr folgende Widerstände:

bei 3	Unterbrechungen	457,3
» 2	»	438,8
» 1	»	429,3
» 0	»	409,4

und in einer anderen, bei 46°,7:

bei 3	Unterbrechungen	217,7
» 2	»	215,2
» 1	»	211,4
» 0	»	206,6.

Eine Umkehrung der Stromesrichtung änderte auch hier nichts, es war demnach in der That nicht eine Polarisation, sondern ein Uebergangswiderstand vorhanden, der aber bei höherer Temperatur geringer war als bei niederer. Als nach einigen Tagen, während welchen das Glasgefäfs *B* (Fig. 1 Taf. I) unverschlossen geblieben war, ähnliche Versuche angestellt wurden, fielen die Differenzen noch gröfser aus. Ich vermuthete daher, dafs die Absorption der Luft durch die Flüssigkeit hierbei eine Rolle spiele, und begann deshalb die Versuche von Neuem, nachdem ich die Klötze längere Zeit hindurch in einer siedenden Zinkvitriollösung hatte liegen lassen, aus welcher sie, möglichst ohne von der Lösung entblöfst zu werden, in das Rohr gebracht wurden. Das Gefäfs *B* wurde von jetzt ab, wie *oben beschrieben, verschlossen*. Jetzt erhielt ich bei 18°,4

in einer Lösung von anderer Concentration die Widerstände:

bei 3	Unterbrechungen	460,2
2	»	460,0
1	»	459,9
0	»	459,7

Hier haben die Unterschiede fast ganz aufgehört, und ich glaube somit, wenigstens für die Combination aus Zinkvitriollösung und amalgamirten Zinkplatten den Satz aussprechen zu dürfen:

»Ein Uebergangswiderstand im eigentlichen Sinne des Wortes existirt nicht. Dagegen condensiren die Polplatten jede kleine Gasmenge, welche ihnen durch die Flüssigkeit zugeführt wird; die so condensirte Schicht erzeugt einen Leitungswiderstand des Ueberganges. Wird jede Gascondensation unmöglich gemacht, so kann man mit der Lösung und ihren Polplatten wie mit einem metallischen Leiter experimentiren.«

Ich ging demnach zu den Messungen selbst über. Als Elektromotor dienten zwei grovesche Elemente. Der Schluſs des Brückensystems erfolgte immer nur momentan durch Anschlagen eines Schlieſshebels an die Unterlage. Auf diese Weise konnte Tage lang mit einer Combination experimentirt werden, ohne daſs sich eine Veränderung an den Polplatten zeigte, weil das elektrochemische Aequivalent aller zur Wirkung gekommenen Ströme immer noch äuſserst gering war. Bei längeren Schlieſsungen schwärzte sich die negative Polfläche leicht durch einen Zinkanflug. Um übrigens auch bei den kurzen Schlieſsungen beide Platten möglichst gleichförmig zu erhalten, wurde die Stromrichtung während einer Versuchsreihe öfter gewechselt.

Ich habe es für nöthig gehalten, an den Lösungen dieses einen Salzes, auf welche alle andere bezogen werden sollen, eine groſse Anzahl von Messungen zu machen, und mich nicht wie Marié-Davy mit etwa 12 Beobachtungen zu begnügen, um daraus eine Formel für die Abhängigkeit der Leitungsfähigkeit von der Concentration, und eine

[redacted]

andere über die Abhängigkeit von der Temperatur abzuleiten. Ich lasse zunächst die Beobachtungstabellen folgen, in denen die Beobachtungen nach dem Salzgehalte und der Temperatur geordnet, nicht in der Reihenfolge, in welcher sie angestellt wurden, zusammengestellt sind:

No.	Salzgehalt in 100 Grm. Lösung	Salzgehalt in 100 Grm. Wasser	t	Widerstand beobachtet	Leitungsfähigkeit reducirt auf die des Quecksilbers = 1
1	7,21 / 7,15 } 7,18	7,73	9,4	1147,7	0,000001842
			12,0	1066,7	1981
			13,0	1039,6	2033
			15,1	990,5	2134
			19,9	887,3	2382
			26,5	770,2	2744
			28,0	742,0	2849
			34,8	655,3	3225
			41,1	601,2	3516
			45,0	560,5	3771
			45,7	558,8	3782
			54,1	500,5	4223
			66,1	446,6	4733
			78,6	407,4	5188
2	9,35 / 9,33 } 9,34	10,32	11,5	890,0	0,000002375
			15,3	815,4	2592
			18,5	764,0	2767
			22,8	688,8	3069
			28,0	619,2	3413
			35,2	544,3	3883
			43,5	478,4	4418
			48,1	447,6	4722
			49,7	436,3	4845
			59,1	391,7	5395
			70,5	355,5	5947
			81,0	333,4	6340
3	11,89 / 11,87 } 11,88	13,48	15,7	697,2	0,000003032
			23,5	591,1	3576
			27,8	535,4	3948
			30,4	510,3	4142
			36,6	458,4	4611
			41,9	417,4	5064
			53,3	355,5	5946
			64,1	316,8	6672
			73,1	290,8	7268
			80,8	275,4	7675

No.	Salzgehalt in 100 Grm. Lösung		Salzgehalt in 100 Grm. Wasser	t	Widerstand beobachtet	Leitungsfähigkeit reducirt auf die des Quecksilbers = 1
4	15,62 / 15,59	15,60	18,48	15,3	597,2	0,000003539
				20,3	529,0	3996
				24,5	482,9	4377
				29,5	433,8	4872
				37,5	375,8	5624
				45,7	330,4	6397
				53,7	297,6	7102
				56,5	284,25	7436
				69,1	249,0	8488
				79,5	230,5	9170
				85,0	221,6	9543
5	17,76 / 17,75	17,75	21,58	10,4	601,5	0,000003514
				13,2	557,9	3789
				18,1	495,5	4266
				22,8	447,9	4719
				32,2	370,6	5323
				41,8	318,3	6640
				50,5	279,6	7560
				64,9	236,3	8945
				71,8	222,2	9512
6	19,58 / 19,64	19,61	24,39	13,5	541,7	0,000003902
				15,9	517,9	4081
				21,3	455,9	4636
				25,8	413,9	5107
				29,4	389,0	5433
				37,4	327,0	6464
				51,3	269,4	7846
				63,3	234,4	9017
				78,0	204,5	10336
7	20,47 / 20,35	20,41	25,64	13,9	531,4	0,000003977
				17,8	492,2	4294
				21,4	452,5	4671
				27,3	401,2	5268
				33,4	353,3	5983
				43,0	299,8	7051
				51,3	265,4	7964
				56,1	250,0	8455
				75,2	204,3	10346
8	21,66		27,65	11,0	580,5	0,000003641
				16,4	503,1	4201
				26,0	406,7	5197
				53,3	253,4	8341
				71,1	206,4	10241
				76,3	197,4	10708

No.	Salzgehalt in 100 Grm. Lösung	Salzgehalt in 100 Grm. Wasser	t	Widerstand beobachtet	Leitungsfähigkeit reducirt auf die des Quecksilbers = 1
9	21,83	27,92	8,7	619,9	0,000003410
			11,6	561,6	3764
			23,5	422,5	5003
			48,7	267,3	7910
			60,3	231,7	9122
			70,6	207,4	10191
10	22,08 / 22,20 } 22,14	28,43	13,6	529,2	0,000003994
			14,5	518,3	4078
			23,5	420,4	5004
			26,2	399,7	5288
			29,0	376,1	5620
			40,7	301,5	7010
			43,5	288,6	7324
			49,9	260,6	8111
			58,9	230,3	9178
			59,0	230,1	9186
			68,0	208,0	10162
			74,5	196,0	10784
			77,5	191,6	11032
			78,0	190,4	11098
11	22,47 / 22,41 } 22,44	28,93	11,6	566,0	0,000003734
			14,2	535,3	3951
			16,8	496,0	4261
			20,6	450,3	4694
			26,7	394,7	5855
			35,0	335,6	6298
			43,6	289,4	7304
			51,8	255,4	8276
			60,0	229,5	9210
			73,8	198,5	10648
			75,5	188,9	11189
12	22,59	29,19	10,3	585,6	0,000003809
			14,5	525,0	4026
			18,1	478,7	4415
			25,3	403,7	5236
			35,0	331,6	6374
			45,2	278,6	7586
			60,7	226,7	9324
			79,4	188,7	11201
13	23,15	30,12	9,3	607,2	0,000003481
			14,3	527,5	4007
			24,9	408,8	5170
			31,9	358,6	5894

No.	Salzgehalt in 100 Grm. Lösung	Salzgehalt in 100 Grm. Wasser	t	Widerstand beobachtet	Leitungsfähigkeit reducirt auf die des Quecksilbers = 1
13	23,15	30,12	46,2	278,5	0,000007589
			71,7	200,9	10521
14	23,76 / 23,56 } 23,66	30,99	9,5	596,6	0,000003543
			11,8	544,2	3875
			14,5	512,7	4123
			20,0	455,5	4640
			26,2	388,3	5443
			34,4	330,2	6401
			47,2	264,3	7997
			62,9	215,1	9826
			78,6	184,9	11431
15	24,28	32,06	10,7	585,8	0,000003608
			12,9	552,8	3824
			14,2	529,3	3993
			22,7	427,6	4943
			31,9	350,3	6034
			45,0	275,6	7669
			58,5	227,5	9291
			78,1	184,6	11450
16	25,25 / 25,30 } 25,28	33,83	12,0	573,6	0,000003685
			18,5	474,6	4454
			27,5	385,0	5490
			32,9	349,6	6046
			40,3	298,7	7076
			42,4	293,0	7214
			51,1	252,6	8368
			59,7	224,4	9419
			67,1	205,3	10296
			71,9	194,6	10862
			80,5	180,2	12003
17	26,81	36,63	11,7	585,5	0,000003610
			16,6	509,1	4152
			28,0	387,3	5457
			32,0	355,5	5946
			44,2	278,3	7595
			59,6	223,8	9444
			73,4	188,8	11195
18	26,80 / 27,04 } 26,92	36,83	9,5	628,8	0,000003316
			13,4	557,7	3790
			27,3	393,6	5370
			42,2	292,5	7226
			62,5	215,9	9790

No.	Salzgehalt in 100 Grm. Lösung	Salzgehalt in 100 Grm. Wasser	t	Widerstand beobachtet	Leitungsfähigkeit reducirt auf die des Quecksilbers = 1
19	29,25 / 28,69 } 28,97	40,78	9,3	660,0	0,000003202
			18,2	505,5	4181
			23,6	441,4	4789
			30,0	381,0	5548
			35,8	335,3	6304
			42,8	294,2	7184
			46,6	270,2	7823
			54,6	239,9	8811
			59,6	221,5	9543
			66,7	204,7	10326
			83,5	172,2	12275
20	32,08 / 32,10 } 32,09	47,47	20,0	526,3	0,000004016
			33,3	370,0	5726
21	32,50	48,15	10,8	700,0	0,000003020
			17,7	570,2	3707
			18,6	555,4	3806
			21,8	509,6	4148
			30,2	410,6	5148
			39,5	334,8	6313
			44,0	307,0	6885
			50,8	268,6	7853
			55,1	251,3	8411
			69,9	205,6	10281
			73,7	194,2	10884
			80,5	179,5	11802
			82,1	177,2	11928
22	33,58 / 33,84 } 33,71	50,85	13,4	697,15	0,000003032
			13,5	695,2	3040
			14,1	681,5	3101
			14,7	666,0	3174
			18,0	589,45	3586
			20,0	656,5	3798
			21,5	534,3	3955
			24,7	500,2	4226
			29,5	431,0	4904
			33,2	400,95	5272
			46,0	299,1	7067
			49,3	284,65	7425
			53,6	263,2	8031
			57,5	247,4	8544
			64,1	222,65	9493
			66,0	215,7	9799
			69,0	208,5	10137
			69,5	206,5	10238

No.	Salzgehalt in 100 Grm. Lösung		VVasser	t	VViderstand beobachtet	Leitungsfähigkeit reducirt auf die des Quecksilbers = 1
22	33,58 } 33,84 }	33,71	50,85	73,3	196,1	0,0000010779
				74,5	193,8	10906
				82,5	179,25	11792
23	35,04		53,94	0	1145,0	0,000001846
				10,2	807,3	2618
				11,1	800,0	2643
				13,5	745,2	2836
				14,5	719,6	2937
				15,7	696,4	3035
				17,5	638,2	3312
				20,3	584,7	3615
				25,8	504,3	4191
				38,1	366,5	5767
				46,4	309,7	6825
				59,5	245,3	8617
				73,0	201,8	10474
				79,2	187,3	11285
24	37,81		60,79	10,6	940,0	0,000002249
				13,8	830,0	2547
				18,6	705,0	2998
				23,3	612,4	3451
				27,5	544,3	3883
				30,5	496,6	4254
				37,2	414,5	5099
				46,3	340,3	6211
				56,6	278,5	7589
				64,5	242,4	8720
				73,1	213,5	9900
				79,1	197,7	10691
				82,0	190,6	11089

Zur Erläuterung dieser Tabellen dient Folgendes: Der Salzgehalt der Lösung wurde gewöhnlich durch zwei Analysen bestimmt, welche in der zweiten Spalte untereinander stehen. Hinter der Klammer steht deren Mittel. Wo zwei Analysen gemacht sind, ist die eine jedesmal mit einem Theile der Lösung ausgeführt, welche noch nicht zum Versuche gebraucht worden war, die andere mit einem *Theil der, nach* Vollendung der Versuchsreihe, aus dem

Rohre gefüllten Lösung. Man sieht, daſs beide Lösungen von einander nicht verschieden sind. In der dritten Spalte ist diejenige Salzmenge angegeben, welche mit 100 Gramm Wasser in der Lösung verbunden ist. Die vierte Spalte giebt die unmittelbar beobachteten Werthe von d, immer auf dieselbe Glasröhre (No. I) bezogen, mit welcher alle 24 Versuchsreihen ausgeführt sind. Zur Uebertragung der gefundenen Widerstände auf die Quecksilbereinheit dienen folgende nähere Bestimmungen:

Länge des Rohres . . . . . = 297^{mm}

Gewicht des Quecksilbers, welches das Rohr bei 15° faſst (Mittel aus 3 Wägungen) . . . . . = 565^{gr},917

Spec. Gewicht [1]) des Quecksilbers bei 0° gegen Wasser bei 4° . . . . . = 13,596.

Ausdehnung des Quecksilbers [2]) für 1° C. = 0,00017405

Spec. Gewicht des Quecksilbers bei 15° = 13,560

Inhalt des Rohres . . . . . = 41,733$^{ccm.\ rh.}$

Querschnitt desselben . . . . . = 140,51$^{mm\ \square}$

Daher Widerstand des mit Quecksilber von 0° gefüllten Rohres = 0,0021136.

Durch Division mit dieser Zahl in die beobachteten Werthe wird der Leitungswiderstand der Lösung reducirt auf den des Quecksilbers = 1 erhalten. Um nicht zu viele Zahlen drucken zu müssen, habe ich diese Werthe fortgelassen, und werde später nur einige Beispiele aus denselben anführen. Die letzte Spalte enthält die umgekehrten Werthe der so eben gefundenen, also die Leitungsfähigkeit der Lösung bezogen auf die des Quecksilbers = 1.

Zur Controle für die Uebertragung und gleichzeitig um mich zu versichern, daſs kein Umstand vorhanden sey, welcher den Widerstand von der Stromdichtigkeit abhängig mache, stellte ich noch einige Versuche mit einem anderen Rohre von sehr abweichenden Ausmessungen an:

1) Nach Regnault, *diese Ann. LXXIV*, 55.

2) Nach Mitscherlich, *diese Ann. LXXX*, 84.

Länge des Rohres (No. II) . . . = 207mm
Quecksilbergehalt bei 20°,7 . . . = 84gr,954
Spec. Gewicht des Quecksilbers bei
20°,7 . . . . . = 13,547
Inhalt des Rohres . . . . . = 6,271cm. cub.
Querschnitt desselben . . . . . = 30,294mm □

Daher Widerstand des mit Quecksilber von 0° gefüllten Rohres = 0,006832.

Die beiden Rohre I und II wurden neben einander in dasselbe Wasserbad gebracht, nachdem sie mit der gleichen Lösung gefüllt waren:

	Rohr No. II	Rohr No. I	
t	beobachtet	beobachtet	berechnet
19°,8	1582,5	489,8	489,5
45 ,0	980,5	304,4	303,3
74 ,1	720,2	223,9	222,8

Nachdem das Gefäfs *B* an beiden Röhren 24 Stunden lang unverschlossen gestanden hatte:

20°,1	1617,8	495,5	500,5
12 ,4	1955,4	601,5	604,9
15 ,2	1810,4	557,9	560,1

Und nach abermals 24 Stunden:

17°,4	1806,5	529,8	558,8

Der Widerstand im engen Rohre II wurde also verhältnifsmäfsig durch den Einflufs der Luft immer gröfser, so lange aber dieser Einflufs noch nicht vorhanden war, war die Uebereinstimmung zwischen den, an dem engeren und an dem weiteren Rohre ermittelten Widerständen eine vollkommene.

Was die Beobachtungsresultate betrifft, so übersieht man sie am leichtesten in der graphischen Darstellung (Fig. 2 Taf. I). Als Abscissen sind die Temperaturen (während beständigen Umrührens im Wasserbade dicht an der Röhre gemessen) aufgetragen, als Ordinaten die Leitungswiderstände. Die an den Curven stehenden Ziffern bezeichnen *die Nummer der* Versuchsreihe. Zuerst ist der Gang der *Curven bei zunehmender* Concentration ein ganz paralle-

ker, dabei steigt der Widerstand mit abnehmender Temperatur, aber nicht proportional der Abnahme, sondern, wie es Hankel[1]) zuerst angegeben hat, um so mehr, je näher die Temperatur dem Nullpunkte liegt. Die Lösung von etwa 22 Proc. Salzgehalt ist die letzte, welche sich diesem Gesetze fügt. Von jetzt ab steigen die Curven (nunmehr punktirt gezeichnet) nach einem andern Gesetze, und zwar im Allgemeinen ebenfalls so, wie Hankel die Abhängigkeit des Widerstandes von der Concentration gefunden hatte, dafs nämlich der Widerstand bei einer gewissen Concentration ein Minimum erreicht und dann bei höherer Concentration wieder stark zunimmt. Auch Pouillet's[2]) und E. Becquerel's[3]) Versuche zeigen ein solches Minimum. Aus meinen Curven sieht man, dafs dieses Minimum bei verschiedenen Temperaturen eine verschiedene Lage hat; bei 10° z. B. hat die Curve 10 noch die tiefste Lage, bei 40° schon die Curve 19, und bei 85° treffen die Curven 10 und 24 zusammen, deren letztere bei 12° sogar die Curve 2 schneidet. Das Auftreten des Minimums überhaupt, sowie das Verschieben desselben mit der Temperatur steht völlig im Einklang mit der Bemerkung, welche Hankel[4]) macht: »die gesättigte Lösung zeigt sich sehr schwerflüssig, und namentlich bei niederen Temperaturen möchte ich sie fast zähflüssig nennen. Durch die Erwärmung verliert sich aber dieser Zustand zum Theil, und damit tritt zugleich eine so aufserordentlich starke Verringerung des Widerstandes ein, wie sie keine andere der untersuchten Flüssigkeiten darbietet.« Noch specieller betrachtet Wiedemann[5]) diesen Einfluſs der Concentration auf den Widerstand: »Da die Zähigkeit der Lösungen mit ihrer Concentration in den meisten Fällen zunimmt, so muſs die Leitungsfähigkeit derselben langsamer wachsen,

1) Diese Ann. LXIX, 262.*
2) Diese Ann. XLII, 299*, aus *C. R. IV*, 785.
3) *Ann. de chim. et de phys.* (3) *XVII*, 267.*
4) *a. a. O. S. 263.**
*5) Lehre vom Galvanismus I, S. 425.**

als ihr Salzgehalt sich vermehrt; ja es kann bei gesteigertem Salzgehalte kommen, dafs die Zähigkeit schneller zunimmt, als der erstere, und so bei einer bestimmten Concentration ein Maximum der Leitungsfähigkeit sich einstellt [1]).«

Einige Versuche veranlassen mich in dieser Erklärungsweise noch weiter zu gehen. Die letzten Reihen enthalten nämlich Beobachtungen bei Temperaturen, unterhalb derjenigen, bei welchen die betreffenden Lösungen vollkommen gesättigt waren. Die Lösung 24 wurde in der Siedhitze gesättigt, heifs filtrirt (wobei sich eine Quantität des Salzes ausschied) und sogleich nach Füllung des Apparates etwa eine Stunde lang in einer Temperatur von über 80° gehalten, damit bestimmt alles Salz gelöst war. Dann wurden bei immer niedrigeren Temperaturen die Messungen angestellt. Aehnlich war das Verfahren bei der Lösung 23, nur wurde dort die Abkühlung bis auf 0° getrieben. Wenn man die Curven für diese beiden Lösungen bei niederen Temperaturen vergleicht, so findet man durchaus nichts Auffallendes, und doch war die Flüssigkeit durch und durch erstarrt; bei der Lösung 23 bei 0° so fest, dafs bei einem Neigen des Apparates kaum noch eine Bewegung wahrgenommen werden konnte. Hier handelt es sich nicht mehr um Schwerflüssigkeit, sondern um ein Bewegungshindernifs, hervorgebracht durch Einlagerung fester Körper, welche zur Leitung des Stromes in keiner Weise beitragen, sondern lediglich als träge Massen zu betrachten sind. Ich denke mir deshalb auch schon den schwerflüssigen Zustand der Lösungen als einen solchen, in welchem feste Theilchen der Flüssigkeit beigemengt sind, zuerst vielleicht noch in so kleinen Dimensionen, dafs sie mit durch ein Filtrum gehen können, dann immer gröfser werdend. Wäre diefs nicht der Fall, so müfste die Curve an der Stelle, welche dem Erstarrungspunkte entspricht,

1) *Für die analoge Erscheinung bei der verdünnten Schwefelsäure hat Magnus eine andere, auf chemische Ursachen gegründete, Erklärung gegeben; diese Ann* CIV, S. 579.*

einen Bruch zeigen. Da dieser nirgend zu finden ist, so mufs ein allmählicher Uebergang aus der gesättigten Lösung durch die übersättigte in die Lösung mit ausgeschiedenen Krystallen stattfinden.

Es ist übrigens wohl selbstverständlich, dafs diese Erklärung nicht etwa der Anschauung Wiedemanns von der Zähigkeit der Flüssigkeiten widersprechen soll; sie geht vielmehr auf das Wesen dieser Zähigkeit etwas näher ein.

Um für die absoluten Gröfsen der gefundenen Leitungsfähigkeiten einen empirischen Ausdruck zu finden, habe ich zunächst für alle 24 Reihen die Leitungsfähigkeit bei 20° durch Interpolation aus den zunächstliegenden Beobachtungen aufgesucht. Diese Werthe sind in der Curve Fig. 3 Taf. I graphisch dargestellt. Man sieht aus denselben ebensowohl, dafs man das Leitungsvermögen nicht (wie es Marié-Davy will) durch eine Gleichung $l = a + bp$ (wo p den Salzgehalt bezeichnet) darstellen kann: wie man aus den Curven Fig. 2 Taf. I sieht, dafs man den Widerstand nicht (wie es E. Becquerel will) durch eine Gleichung $r = a + \frac{b}{q}$ versinnlichen darf. Auch eine Gleichung zweiten Grades entspricht dem Zwecke noch keineswegs. Ich wählte deshalb die Form

$$l_{20^\circ} = a + bp - cp^2 + dp^3$$

worin l_{20} die Leitungsfähigkeit einer Lösung bei 20°, p die in 100 Grammen Wasser aufgelöste Menge wasserfreien schwefelsauren Zinkoxyds, und a, b, c und d Constante bedeuten. Die Formel gilt für die angewandten Concentrationsgränzen; die Versuche auf gröfsere Verdünnungen auszudehnen, war nicht thunlich, da schon bei der Reihe 1 Spuren von Polarisation merklich wurden. Da die einzelnen gefundenen Werthe von l_{20° sich so gut der Curve anschliefsen, so habe ich es nicht für nöthig gehalten, zur Berechnung der Constanten alle Beobachtungen heranzuziehen: die Constanten sind vielmehr nur aus vier Gleichungen hergeleitet. Ich wählte dazu die Reihen 2 und 22 als die äufsersten (indem ich 1 wegen eingetretener Pola-

risation, 23 und 24 wegen der Erstarrung ausschlofs) und aufserdem zwei beliebige, zu beiden Seiten des Maximums und nicht zu weit von demselben entfernt gelegene, nämlich 6 und 16. Die Bestimmung der Constanten ergab:

$$a = 0{,}000000124$$
$$b = 0{,}0000004131$$
$$c = 0{,}000000007874$$
$$d = 0{,}00000000005079$$

oder:

$$\log b = 0{,}5331461 - 7$$
$$\log c = 0{,}8961808 - 9$$
$$\log d = 0{,}7057578 - 11$$

Nach dieser Formel sind die Werthe der Leitungsfähigkeit bei 20° berechnet, und in der nachfolgenden Tabelle neben die, durch Interpolation gefundenen Werthe gestellt, wobei der Bequemlichkeit wegen die erforderliche Multiplication mit 10^{-9} unterlassen ist. Die letzte Spalte enthält die Abweichungen der Rechnung von der Beobachtung:

No.	Salzgehalt in 100 Grm. Wasser	Leitungsfähigkeit bei 28° C. gefunden	Leitungsfähigkeit bei 28° C. berechnet	Differenz
1	7,73	2387	2315	+0072
2	10,32	2864	2864	
3	13,48	2417	3408	+ 9
4	18,48	3921	3992	— 71
5	21,58	4450	4487	— 37
6	24,39	4502	4502	
7	25,64	4528	4545	— 17
8	27,65	4594	4615	— 21
9	27,92	4638	4621	+ 17
10	28,43	4641	4630	+ 11
11	28,93	4626	4638	
12	29,18	4628		
13	30,12	4632		
14	30,99	4640		
15	32,06	4632		
16	33,83	4626		
17	36,63	4541		
18	36,83	4540		
19	40,78	438		
20	47,25	40		14
21	48,15	3		— 18
22	*50,85*			
23	*53,94*			
24	*60,79*			

Ueber den Einfluſs der Temperatur auf die Leitungsfähigkeit geben die Curven Fig 4. Taf. I den besten Aufschluſs. Die Zunahme findet in der That im Allgemeinen der Temperaturerhöhung proportional statt, aber die, den geringen Concentrationen zugehörigen Lösungen weichen von diesem Gesetze bei hohen, die den groſsen Concentrationen zugehörigen bei ganz niederen und ganz hohen Temperaturen etwas ab. Auf einer langen Strecke mittlerer Temperaturen sind die Curven fast geradlinig. Ich habe deshalb für jede der Reihen die Zunahme an Leitungsfähigkeit aufgesucht, welche durchschnittlich zwischen der Mitte der zwanziger und der Mitte der vierziger Grade stattfindet, indem ich die, gerade diesen Temperaturen zunächst liegenden, Beobachtungen jeder Reihe zu Grunde legte. Die folgende Tabelle enthält in der zweiten Spalte den auf diese Weise gefundenen Zuwachs für 1° Temperaturzunahme, ausgedrückt in derselben Einheit, wie die Zahlen der letzten Tabelle. Man erkennt sogleich eine Gesetzmäſsigkeit in diesen Differenzen, aber nicht die, welche Marié Davy angenommen hat, daſs nämlich diese Zunahme für jede Concentration derselbe aliquote Theil der Leitungsfähigkeit bei 10° sey. (Auch E. Becquerel hat diese Annahme gemacht)[1]. Ich berechnete den Coëfficient der Zunahme $= z$ aus drei Gleichungen von der Gestalt:

$$Z = a + bp - cp^2$$

und benutzte dazu die Reihen 3,18 und 23, weil bei diesen die Differenzen zwischen Beobachtung und Rechnung am kleinsten ge[illegible]ren. Durch Bestimmung der Constanten na[illegible] an:

$$= 0{,}04073p^2,$$

[illegible] in der dritten [illegible] die Unterschie[illegible] dritten Spalte sind

vorzüglich dem Umstande zuzuschreiben, dafs es sehr schwer ist, die Temperatur im ganzen Rohre absolut gleichförmig zu halten. Den Widerstandsmessungen selbst fällt keine Schuld zu. Aus den berechneten Werthen von $l_{20°}$ und den berechneten Werthen von z_{10} sind dann die berechneten Werthe von $l_{50°}$ in der fünften Spalte der folgenden Tabelle abgeleitet, während in der letzten Spalte die Abweichungen zwischen Versuch und Rechnung aufgeführt sind. Im Allgemeinen sieht man, dafs diese Rechnung sogar für 50° noch sehr wohl zutrifft, nur für die stärksten Concentrationen werden die Abweichungen merklich und gesetzmäfsig [1]).

No.	Zunahme des Leitungsvermögens für 1° C.		Leitungsvermögen bei 50° C.		Differenz
	gefunden	berechnet	gefunden	berechnet	
1	54,1	57,1	4008	4028	— 20
2	65,9	69,4	4862	4946	— 84
3	79,1	79,1	5688	5781	— 93
4	95,3	92,8	6776	6776	0
5	101,1	100,2	7507	7493	+ 14
6	107,4	106,3	7719	7691	+ 28
7	112,3	108,8	7827	7809	+ 18
8	115,1	112,5	7961	7990	— 29
9	115,4	113,0	8046	8011	+ 35
10	114,7	113,9	8123	8047	+ 76
11	116,3	114,8	8086	8082	+ 4
12	118,1	115,2	8124	8097	+ 27
13	113,5	116,7	8026	8230	—204
14	121,6	118,0	8145	8191	— 46
15	122,2	119,6	8269	8233	+ 36
16	121,9	122,0	8223	8286	— 63
17	126,7	125,3	8291	8316	— 25
18	125 5	125,5	8211	8306	— 95
19	131,9	128,9	8243	8260	— 17
20		131,9		7987	
21	131,3	132,0	7751	7938	—187
22	130,0	132,0	7524	7758	—234
23	131,3	131,3	7317	7524	—193
24	127,8	126,9	6712	6924	—212

Ein Vergleich zwischen den Resultaten meiner Messun-

1) Bei der Reihe 13 ist wahrscheinlich ein Fehler in der, nur einmal gemachten, Analyse der Lösung vorgekommen. Sowohl z_{10} als $l_{50°}$ zeigen starke Abweichungen von der Rechnung.

gen und den Angaben anderer Physiker, soweit ein solcher durch die Vergleichbarkeit der Einheit möglich wird, ergiebt Folgendes. Von Marié-Davy liegen, wie schon bemerkt, keine Versuche sondern nur Formeln vor. Die folgende Zusammenstellung zeigt, dafs dieselben für Zinkvitriollösung ganz unbrauchbar sind. (Die für andere Flüssigkeiten gegebenen kann ich noch nicht beurtheilen.) Ich habe für sechs beliebige Beispiele den Werth nach meiner Formel (Bz.) und nach Marié-Davy's (M. D.) berechnet.

Temperatur	Reihe	Leitungsfähigkeit nach		Widerstand
		Bz.	M. D.	
10°	1	0,000001744	0,000002282	573394
20	24	3117	22322	320822
30	18	5796	17030	172533
40	2	4252	5754	235182
50	11	8082	18885	123874
60	3	6572	10083	152161

Der Anschaulichkeit wegen enthält die letzte Spalte dieser Tabelle auch die Widerstände für die gegebenen Beispiele, d. h. die umgekehrten Werthe der von mir berechneten Leitungsfähigkeiten. Durch einen Vergleich der dritten Spalte mit den in den Beobachtungstabellen gegebenen Zahlen kann man sich leicht überzeugen, dafs Rechnung und Beobachtung nicht weit auseinander gehen; die vierte Spalte aber mufs ungeheure Abweichungen geben, da Marié-Davy's Formel dem Maximum gar nicht Rechnung trägt.

E. Becquerel theilt Versuche an drei Lösungen mit: nämlich einer bei 14°,4 concentrirten Lösung von 1,441 spec. Gew., an der doppelt- und an der vierfach-verdünnten Lösung, d. h. an Lösungen mit etwa 33,2, 19,9 und 12,3 Proc. Salzgehalt, oder Lösungen in denen auf 100 Grm. Wasser bezüglich 49,7, 24,3 und 14,0 Grm. Salz kommen. Die mitgetheilten Messungen sind auf die Leitungsfähigkeit des Silbers = 100000000 bezogen. Ueberträgt man *sie mit Hülfe der Angabe* von Siemens [1]), dafs

1) Diese Ann. CX, 18.

Silber 56,2 mal besser leitet, als Quecksilber, auf unsere Einheit, so werden folgende Zahlen erhalten:

Salzgehalt von 100 Grm Wasser	Temp.	Leitungsfähigkeit nach Becquerel (Silber = 100000000)	Leitungsfähigkeit nach Bz. (Quecksilber = 1)	
49,7	14,4	5,77	0,000003243	0,000003133
24,3		7,13	4007	3905
14,0		5,43	3052	3047

Hier ist die Uebereinstimmung sehr gut, bei der geringsten Concentration sogar vollkommen. Als Coëfficienten für die Zunahme der Leitungsfähigkeit dieser letzten Lösung bei einer Temperaturerhöhung um 1° zwischen 20° und 54°,3 giebt Becquerel die Zahl 0,0223. Diefs würde, da nach meinen Versuchen die Leitungsfähigkeit jener Lösung bei 20° = 0,000003498 ist, in der früher gebrauchten Einheit der Zahl 78,0 entsprechen; ich finde nach meiner Formel 80,6, also ebenfalls nahezu denselben Werth.

Zur Vergleichung von Horsford's Untersuchungen ist gegeben [1]), dafs sein neusilberner Maafsdraht einen 12,4 mal so grofsen Widerstand hatte, als reines Silber, und da dieses 56,2 mal besser leitet, als Quecksilber, so ist der Widerstand des Neusilbers 4,6 mal geringer als der des Quecksilbers. Seine Lösungen enthielten auf 100 CC. bezüglich 7,287 und 4,175 Grm. trocknen Zinkvitriol [2]), und hatten einen 1896000 und einen 2663100 mal gröfseren Widerstand, als Neusilber. Da Horsford diese Zahlen selbst nur als Annäherungen gelten läfst, so würde eine genaue Zusammenstellung nichts nützen. Ich bemerke daher nur, dafs in meiner Einheit jene Lösungen die Leitungsfähigkeiten 0,000002426 und 0,000001727 (zwischen 18 und 20°) haben würden. Nach den früheren Tabellen ist die Lei-

1) Diese Ann. LXX, S. 240 *

2) Horsford schreibt ZnO, SO^3HO, was ich leider im Repertorium *der Physik VIII, 184* nachgeschrieben habe. Aus dem Folgenden *ergiebt sich, dafs trocknes* Salz gemeint ist.

tungsfähigkeit einer Lösung, welche in 100 Grm. Lösung 7,18 Grm. Salz enthält bei 20° = 0,000002387. Die ähnliche Lösung Horsfords hat auch einen ganz ähnlichen Widerstand.

In derselben Neusilbereinheit findet Becker [1]) den Widerstand zweier Zinklösungen, deren eine 64,5, die andere 38,58 Proc. krystallisirten Zinkvitriol enthielt bei 20° bezüglich = 819700 und 888630. In der folgenden Tabelle sind diese Zahlen auf meine Einheit übertragen und mit den, nach meiner Formel berechneten Werthen verglichen.

Gehalt an		Leitungsfähigkeit für Quecksilber = 1 nach	
kryst. Salz in 100 Grm. Lösung	wasserfr. Salz in 100 Grm. Wasser	Becker	Bz.
64,5	56,5	0,000005665	0,000003433
38,58	27,5	5176	4612

Diese Zahlen stimmen vielleicht schon aus dem Grunde schlecht mit einander, weil die Angaben über die Leitungsfähigkeit des Neusilbers gar zu verschieden sind. Aber vor Allem auffallend ist der Umstand, dafs Becker die Leitungsfähigkeit der ganz concentrirten Lösung gröfser fand, als die der verdünnteren, für diese letztere liegt nach meinen Messungen die Leitungsfähigkeit dem Maximum nahe. Der Grund dieser Abweichung mufs wohl in der angewandten Methode gesucht werden.

Es bleibt mir noch übrig anzuführen, in welcher Weise ich das Verhältnifs der Leitungsvermögen der Zinkvitriollösungen und anderer Flüssigkeiten zu ermitteln versucht habe. Es war Faraday [2]) gelungen, einen Inductionsstrom in einer Flüssigkeitsspirale zu erregen. Ein langer Kautschuckschlauch wurde um eine, einen Eisenkern enthaltende, Inductionsrolle solenoïdförmig aufgewickelt, und mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt. In beide Schlauchenden

1) *Liebig und Wöhler Annalen LXXIII, 25.*
2) *Diese Ann. XCII, 299.*

tauchten Platinelektroden, welche mit den Galvanometerdrähten in Verbindung standen. Sobald ein Strom in der inducirenden Rolle unterbrochen wurde, zeigte das Galvanometer einen inducirten Strom in der Flüssigkeitssäule an. Hier war aber immer noch die Vermittelung von Metallelektroden nöthig. Ich liefs mir deshalb ein Solenoïd aus Glasröhren winden, dessen Enden ich durch gerade Glasröhren und Kautschuckschlauchstücke mit einem, ebenfalls aus Glasröhren gewundenen Multiplicator (von zwei übereinandergerollten Lagen zu je acht Windungen) verband. Diese ganze Glasarbeit hat Geifsler in Bonn mit grofser Geschicklichkeit ausgeführt. Das ganze Röhrensystem wurde nun mit Flüssigkeit gefüllt und in sich geschlossen. Bei einiger Uebung liefs sich diefs so ausführen, dafs nirgend eine Luftblase sichtbar war. Auch der Volumenveränderung der Flüssigkeit war durch einen Hülfsapparat Rechnung getragen. Wenn nun dasselbe Röhrensystem mit verschiedenen Flüssigkeiten gefüllt war, so mufsten die Inductionsströme, welche die Unterbrechung des, auf immer gleicher Stärke gehaltenen, Hauptstromes in ihnen erzeugte, unmittelbar ein Maafs für ihren Widerstand abgeben. Zur Messung dieser Inductionsströme war im Glasmultiplicator ein Stahlspiegel aufgehängt, welcher mit Fernrohr und Scala beobachtet wurde. Es gelang aber nicht, brauchbare Ausschläge zu bekommen, weil der inducirende Apparat dem Spiegel immer zu nahe stehen mufste, um nicht durch zu lange Zuleitungsröhren die ohnehin grofsen Widerstände noch mehr zu vergröfsern.

Ich ging demnach zu einer anderen Methode über. Ich verfertigte einen Dämpfer, ganz nach dem Schema, welches W. Weber [1]) gegeben hat. Die innere Büchse, in welcher der Stahlspiegel schwingt, und das Rohr, welches den, den Spiegel tragenden, Faden enthält, sind aus Glas gefertigt; die Stelle der dicken Kupferhülle vertritt aber ein Kasten, welcher die Flüssigkeit aufnehmen kann. Wenn nun *einmal diese Kasten* mit Zinklösung von bekannter Concen-

1) Elektrodynamische Maafsbestimmungen.

tration und Temperatur, ein anderes Mal mit einer beliebigen anderen Lösung gefüllt, und der Spiegel in Schwingungen versetzt wird, so mufs aus den, in beiden Fällen beobachteten logarithmischen Decrementen ein einfacher Schlufs auf das Leitungsvermögen beider Lösungen gezogen werden können. Auch diese Methode hat mir noch keine Resultate geliefert; ich sehe aber gar keinen Grund, welcher ein Gelingen der Messungen nach diesem Principe ein für alle Mal verhindern könnte. Hoffentlich hat nur die Kleinheit der Ausmessungen, in denen der Apparat bisher ausgeführt war, die Dämpfung verschwindend klein gemacht.

Erlangen im Juli 1862.

II. *Ueber die Dispersion des Lichts;* von *Dr. Christoffel,*

Privatdocent an der Universität zu Berlin.

(Aus d. Monatsber. d. Berl. Akad. 1861, October 14 und 31)

Seit den Untersuchungen Cauchy's über die Dispersion des Lichtes hat man sich vielfach mit diesem Problem beschäftigt, theils um nachzuweisen, dafs die Resultate des *Mémoire sur la dispersion*, in Folge der ihnen zu Grunde gelegten Voraussetzungen von der Dispersion keine Rechenschaft zu geben vermögen, theils um dieselben von andern Gesichtspunkten aus neu zu begründen oder durch andere zu ersetzen. Der hauptsächlichste Einwurf, den man gegen Cauchy's Theorie erheben kann, bezieht sich darauf, dafs in derselben eine genügende Erörterung desjenigen Punktes vermifst wird, auf den es vor allem ankommt, nämlich der Frage, ob die Constanten, vermöge deren die Wellenlänge in den Ausdruck für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit eingeht, *auch solcher Werthe fähig* sind, dafs dadurch eine *wahrnehmbare Abhängigkeit* zwischen jenen Grösen be-

gründet wird; derselbe trifft in diesem Sinne auch alle später über diesen Gegenstand veröffentlichten Arbeiten.

Die genauere Untersuchung dieser Frage, welche sich in ähnlicher Form auch bei andern Problemen der Molecular-theorie wiederholt, hat gezeigt, dafs die Voraussetzungen der §§. 1, 2, 3 des *Mémoire sur la dispersion*, auf gebührende Gränzen eingeschränkt, die Dispersion des Lichtes in isotropen Mitteln, mit Ausschlufs bestimmter Gränzfälle, vollständig erklären, und zwar durch eine Formel, welche alle bisher aufgestellten an Einfachheit wesentlich übertrifft. Nennt man nämlich die Wellenlänge eines Strahls im dispersionsfreien Raume und seinen Brechungsindex für den Uebergang in ein anderes isotropes Mittel die Elemente dieses Strahls, so besteht die von mir gefundene Dispersionsformel in einer Relation zwischen den Elementen zweier Strahlen, von denen der eine willkürlich, der andere physikalisch definirt und für die Natur der brechenden Substanz charakteristisch ist; während die Annäherungsformeln von Cauchy, Baden-Powell, Broch und Redtenbacher ihrer Natur nach als Relationen zwischen den Elementen von drei, die letztere von vier willkürlichen Strahlen aufgefafst werden müssen.

Das *Mémoire sur la dispersion*, an welches hier angeknüpft wird, handelt von den kleinen Schwingungen, welche ein sich selbst überlassenes System materieller Punkte um eine stabile Gleichgewichtslage herum ausführt. In der letztern sind die Punkte reticular geordnet: ihre Entfernungen von einander halten sich sowohl vor als während der Bewegung über einer endlichen, wenn auch sehr kleinen Gränze ϱ_0. Nennt man m, m' die als einander gleich vorausgesetzten Massen zweier Punkte, r ihre gegenseitige Entfernung, so wirkt zwischen ihnen die Anziehung $mm'f(r)$, welche nebst ihrer ersten Derivirten $mm'f'(r)$ die Eigenschaft hat, während r von ϱ_0 bis zu einem andern endlichen, jedoch sehr kleinen Werthe ϱ wächst, nie unendlich oder *unstetig zu werden*, und für gröfsere Werthe von r zu ver-

schwinden. Diese Entfernung wird der Radius der Wirkungssphäre genannt.

Hierzu wird die einschränkende Bedingung gefügt, dafs die von verschiedenen lokalen Störungen des Gleichgewichts herrührenden Erschütterungen sich überall, wo sie einander begegnen, ohne merkbare gegenseitige Störung superponiren. Reducirt man dem entsprechend die beschleunigenden Kräfte auf ihre linearen Theile, so findet sich, dafs diefs nur so lange geschehen kann, als die ursprüngliche gegenseitige Lage von Punkten, die mit mefsbarer Stärke auf einander wirken, nur sehr wenig geändert ist. Bei Wellenbewegungen lassen sich zwei Gränzfälle nachweisen, in denen diese Bedingung nicht erfüllt ist; man gelangt zu denselben, bei constanter Wellenlänge durch Vergröfserung der Amplitude, und bei constanter Amplitude durch Verringerung der Wellenlänge. Die Gesetze, nach denen die Bewegung in diesen Fällen verläuft, können sich demnach aus der Untersuchung der superponirbaren kleinen Schwingungen nicht ergeben, da sie bei derselben von vornherein ausgeschlossen sind.

Diefs vorausgeschickt, findet Cauchy folgendes Resultat. Ist das oben bezeichnete System isotrop, so besteht zwischen der Schwingungsdauer $t = \frac{2\pi}{s}$ ebener Wellen, in denen die Schwingungen transversal sind, und ihrer Wellenlänge $l = \frac{2\pi}{k}$ eine Relation von der Form:

$$(1) \qquad s^2 = a_1 k^2 + a_2 k^4 + a_3 k^6 + \ldots;$$

hier sind a_1, a_2, a_3, ... constante Gröfsen, welche von der Einwirkung abhängen, die irgend ein Punkt 0 des Systems während des Gleichgewichts von Seiten der übrigen, in seiner Wirkungssphäre befindlichen Punkte erfährt; ist m einer der letztern, und r seine Entfernung von 0, so hat man (§. 9):

$$a_{i+1} = \frac{(-1)^i}{\Pi(2i+3)}\left(A_i + \frac{1}{2i+5} B_i\right),$$

$$(2) \qquad A_i = \Sigma m f(r) r^{2i+1}, \; B_i = \Sigma m [r f'(r) - f(r)] r^{2i+1}.$$

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit dieser Wellen ist $\frac{l}{t} = \frac{s}{k}$, folglich, so lange nicht alle Constanten $a_2, a_3, \ldots$ verschwinden, für Wellen von verschiedener Länge verschieden.

Denkt man sich jetzt zwei isotrope Medien μ und m, welche sich längs einer Ebene E berühren, und von denen das erstere aufserdem die Eigenschaft hat, Wellen von jeder Länge mit der nämlichen Geschwindigkeit fortzupflanzen, so besteht die Aufgabe der Dispersionstheorie darin, den Brechungsindex n für den Uebergang eines Wellensystems aus μ nach m als Funktion derjenigen Gröfsen darzustellen, durch welche die Bewegung dieser Wellen in μ bestimmt wird.

Bezeichnet man die Werthe, welche die oben eingeführten Gröfsen in μ annehmen, durch die entsprechenden griechischen Buchstaben, so hat man $\sigma^2 = \alpha_1 \varkappa^2$, $\sigma = \frac{2\pi}{\lambda}$, $\varkappa = \frac{2\pi}{\lambda}$. Da ferner die auf die Ebene E bezüglichen Bedingungen in linearen Gleichungen zwischen einer endlichen Anzahl von rechts und links dieser Ebene stattfindenden Verrückungen und Beschleunigungen bestehen, so erhält man die bekannten Relationen $\lambda = nl$, $\tau = t$. Hieraus ergiebt sich $\sigma = s$, $k = \frac{2\pi n}{\lambda}$, $\varkappa = \frac{2\pi}{\lambda}$, also findet zwischen n und λ die Gleichung:

$$(3)\quad \alpha_1 \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 = \alpha_1 \left(\frac{2\pi n}{\lambda}\right)^2 + \alpha_2 \left(\frac{2\pi n}{\lambda}\right)^4 + \alpha_3 \left(\frac{2\pi n}{\lambda}\right)^6 + \ldots$$

statt, aus welcher n zu bestimmen ist.

Zu dem Ende nimmt Cauchy an, dafs die Quotienten $\frac{a^2}{a^1}$, $\frac{a^3}{a^2}$, ... sehr kleine Gröfsen von der Ordnung ϱ^2 sind, und kehrt nun die Reihe (1) um, woraus für k^2 ein Ausdruck von der Form $k^2 = b_1 s^2 + b_2 s^4 + b_3 s^6 + \ldots$ folgt; dieselbe Operation, auf (3) angewandt, giebt $n^2 = b_1 \alpha_1 + \frac{(2\pi)^2 b_2 \alpha_1^2}{\lambda^2} + \frac{(2\pi)^4 b_3 \alpha_1^3}{\lambda^4} + \ldots$; es folgt aus jener Voraussetzung, dafs auch in dieser Reihe jeder Coëfficient sich im Vergleich zum vorangehenden wie eine Gröfse von der

Ordnung ϱ^s verhalten mufs. Die numerische Verification zeigt, dafs diese Voraussetzung, welche schon im Prinzip den Zweck der Untersuchung in Frage stellt, keineswegs mit der Erfahrung übereinstimmt, indem selbst in solchen Fällen, wo n sich nur sehr langsam mit λ ändert, die angenommene rapide Abnahme der Coëfficienten nicht eintritt. Auch ist dieselbe keine nothwendige Folge der frühern Voraussetzungen; vielmehr läfst sich leicht zeigen, dafs durch geeignete Bestimmungen über die Funktion $f(r)$ den Constanten a_1 und a_2 jeder endliche Werth angewiesen werden kann, während alsdann bei den folgenden Coëfficienten jene Gröfsenordnung allerdings stattfindet.

Sey p die Anzahl der verschiedenen Werthe von n, denen im Innern der zu 0 gehörigen Wirkungssphäre Punkte des Systems entsprechen, so ist p eine endliche, durch den Werth von ϱ völlig bestimmte Zahl. Jede der Summen A_i enthält dann die nämlichen p Werthe der Funktion $f(r)$, über welche man, mit Berücksichtigung der über diese Funktion bereits getroffenen Bestimmungen, frei verfügen kann. Betrachtet man diese Werthe von $f(r)$ als Unbekannte, so fragt es sich, ob man in (2) die Werthe A_0, A_1, .. A_{p-1} als willkürlich gegeben betrachten darf, oder ob die der Funktion $f(r)$ auferlegten Bedingung eine Beschränkung in der Auswahl dieser Werthe nach sich ziehe.

Die Werthe von $f(r)$ müssen 1) mit der Stabilität des Systems vereinbar seyn. Die erste Bedingung hat auf die augenblickliche Untersuchung keinen Einfluſs, da sie nur das Zeichen, nicht den absoluten Werth eines Ausdrucks bestimmt, welcher von den in Frage kommenden Werthen von $f(r)$ und $f'(r)$ abhängt; die Isotropiebedingungen bleiben vorläufig ganz bei Seite, da sie erst durch die folgenden Betrachtungen auf ihren gebührenden Umfang eingeschränkt werden müssen.

Bezeichnet man jetzt die in A_i einzusetzenden Werthe von r durch r_1 oder s_1, jenachdem ihnen ein positiver oder negativer Werth von $f(r)$ entspricht, und setzt: $\Sigma m f(r_1) r_1^{2i+1} = R_i$, $-\Sigma m f(s_1) s_1^{2i+1} = R'_i$, so ist A_i als Summe einer end-

lichen Anzahl von Gliedern gleich $R_i - R'_i$: ferner lassen sich zwischen ϱ_0 und ϱ zwei Werthe r_{1i} und s_{1i} so auswählen, dafs $R_i = r_{1i}^{2i} R_0$, $R'_i = s_{1i}^{2i} R'_0$ wird; daraus folgt:

$$A_0 = R_0 - R'_0,\ A_1 = r_{11}^2 R_0 - s_{11}^2 R'_0,\ \ldots$$
$$A_i = r_{1i}^{2i} R_0 - s_{1i}^{2i} R'_0.$$

Wenn nun $f(r)$ bei der Summation sein Zeichen nicht wechselt, so ist eine der Gröfsen R_0, R'_0 gleich Null, also findet dann, wenigstens bei den Constanten A_i, die von Cauchy angenommene Gröfsenordnung statt. Werden dagegen Zeichenwechsel zugelassen, so steht nichts im Wege, der Funktion $f(r)$ einen solchen Verlauf zu geben, dafs r_{11}^2 von s_{11}^2 um irgend eine endliche Gröfse von der Ordnung ϱ^2 verschieden ist; dann erhält man:

$$R_0 = \frac{A_1 - s_{11}^2 A_0}{r_{11}^2 - s_{11}^2},\ R'_0 = \frac{A_1 - r_{11}^2 A_0}{r_{11}^2 - s_{11}^2},$$

$$A_i = \frac{r_{1i}^{2i} - s_{1i}^{2i}}{r_{11}^2 - s_{11}^2} A_1 - \frac{r_{1i}^{2i} s_{11}^2 - s_{1i}^{2i} r_{11}^2}{r_{11}^2 - s_{11}^2} A_0.$$

Ertheilt man jetzt den Gröfsen A_1 und A_0 endliche Werthe von derselben Ordnung, so werden R_0 und R'_0 endlich und im Vergleich zu ihnen von der Ordnung $\frac{1}{\varrho^2}$, was mit keiner frühern Bestimmung im Widerspruche steht; dagegen wird der erste Theil von A_i, wenn $i \gtrless 2$ ist, von der Ordnung ϱ^{2i-2}, der andere von der Ordnung ϱ^{2i}, also tritt hier der oben erwähnte Umstand wirklich ein.

Durch Häufung der Bedingungen, denen $f(r)$ unterworfen ist, kann man bewirken, dafs $r_{11}^2 = s_{11}^2$ wird. Ich lasse diesen Fall im Folgenden unberücksichtigt, da es nicht der Natur der Sache angemessen zu seyn scheint, die Schlufsresultate, aus denen, wie es bei Untersuchung dieser Art stets der Fall ist, jede Spur von besonderem Charakter der Funktion $f(r)$ herausfällt, an specielle Voraussetzungen über den Verlauf derselben zu binden.

Da dieselbe Betrachtung auf B_i anwendbar ist, so folgt, *dafs in jeder der beiden* A_0, A_1, A_2, ... und B_0, B_1, B_2, ... *die zwei Glieder* endlicher Werthe von derselben Ord-

nung fähig sind, dagegen das dritte und jedes folgende Glied im Vergleich zum vorangehenden eine Gröfse von der Ordnung ϱ^2 ist. Dasselbe gilt daher auch von der Reihe a_1, a_2, a_3, ...

So lange nun in der Gleichung (3) $\frac{\lambda}{n} = l$ so klein ist, dafs alle Glieder der rechten Seite einen merklichen Einfluſs auf ihren Werth äufsern, findet offenbar kein einfacher Zusammenhang zwischen n und λ statt; ich beschränke daher die Untersuchung auf den Fall, wo l zum Radius der Wirkungssphäre in einem solchen Verhältnisse steht, dafs die Glieder, deren Coëfficienten von der Ordnung ϱ^2, ϱ^4, ϱ^6, ... sind, keinen wesentlichen Beitrag zum vollen Werthe der rechten Seite mehr liefern. Es mufs dabei der Erfahrung überlassen werden, zu entscheiden, bis zu welchen Werthen von l alle nach dem zweiten folgenden Glieder vernachlässigt werden dürfen, während es ganz dahin gestellt bleibt, wie grofs oder klein man sich den Radius der Wirkungssphäre zu denken hat. Abgesehen von allen andern Bedingungen wird also die Formel

$$(4) \qquad \alpha_1 = a_1 n^2 + (2\pi)^2 a_2 \frac{n^4}{\lambda^2} \quad ,$$

für hinlänglich grofse Werthe von l den Voraussetzungen der Theorie genau entsprechen, dagegen bei abnehmendem l einmal aufhören, die Resultate derselben darzustellen.

Diefs festgestellt, denke man sich durch 0 eine Gerade g von beliebiger Richtung gezogen, und setze, unter (rg) den Winkel zwischen g und r verstanden,

$$\mathfrak{A}_i = \Sigma m f(r) r^{2i+1} \cos^{2i+2}(rg)$$
$$\mathfrak{B}_i = \Sigma m [r f'(r) - f(r)] r^{2i+1} \cos^{2i+4}(rg);$$

dann bestehen nach Cauchy (man vergleiche §. 3. 43 bis 46 mit §. 9. 10 bis 11) die Bedingungen für die Isotropie darin, dafs für $i = 0, 1, 2, \ldots$ bei jeder beliebigen Richtung von g

$$\mathfrak{A}_i = \frac{1}{2i+3} A_i, \quad \mathfrak{B}_i = \frac{1}{2i+5} B_i$$

seyn *mufs.*

Will man nun die Bedingung der Isotropie unbeschränkt aufrecht erhalten, so hat man zu untersuchen, ob dieser unendlichen Zahl von Bedingungsgleichungen bei einer endlichen Zahl von Werthen der Funktionen $f(r)$ und $rf'(r)—f(r)$ durch eine passende Anordnung des Systems Genüge geschehen könne, d. h. ob es möglich ist, eine solche Einrichtung des reticularen Punktensystems anzugeben, dafs diese Bedingungsgleichungen sich von selbst auf eine endliche Zahl reduciren. Dieser Untersuchung kann man sich aber ganz überheben, wenn man die Betrachtung so einschränkt, wie es vorhin geschehen ist. In der That läfst sich nachweisen, dafs bei den vorausgesetzten Werthen von l die Gleichung (4), oder was auf dasselbe hinauskommt, die Gleichung $s^2 = a_1 k^2 + a_2 k^4$ stattfindet, sobald nur die Gleichungen (5) für $i = 0$ und $i = 1$ erfüllt sind, während es ganz gleichgültig ist, ob diefs auch mit den folgenden der Fall ist.

Die Gröfse s^2 ist im Allgemeinen durch eine kubische Gleichung bestimmt, deren Coëfficienten von den beiden Funktionen

$$T = \frac{1}{\Pi(2)} \mathfrak{A}_0 k^2 - \frac{1}{\Pi(4)} \mathfrak{A}_1 k^4 + \frac{1}{\Pi(6)} \mathfrak{A}_2 k^6 - \ldots$$

$$V - \mathfrak{B}_2 = \frac{1}{\Pi(4)} \mathfrak{B}_0 k^4 - \frac{1}{\Pi(6)} \mathfrak{B}_1 k^6 + \frac{1}{\Pi(8)} \mathfrak{B}_2 k^8 - \ldots$$

abhängen, und zwar ist für den Fall, dafs alle Isotropiebedingungen erfüllt sind, $s^2 = T + \frac{dV}{kdk}$. Da $\mathfrak{A}_i$ sich in die Form $r_u^{2i} \cos^{2i+2} \varphi_i R_0 - s_u^{2i} \cos^{2i+2} \psi_i R'_0$ bringen läfst, und ähnliches von $\mathfrak{B}_i$ gilt, so sind $\mathfrak{A}_i$ und $\mathfrak{B}_i$ von derselben Ordnung, wie A_i und B_i. Reducirt man daher vorstehende Reihen auf ihre beiden ersten Glieder, so wird unter der Voraussetzung, dafs die Gleichungen (5) für $i=0$ und $i=1$ erfüllt sind,

$$T = \frac{1}{\Pi(3)} A_0 k^2 - \frac{1}{\Pi(5)} A_1 k^4$$

$$V = \mathfrak{B}_2 + \frac{1}{\Pi(5)} B_0 k^4 - \frac{1}{\Pi(7)} B_1 k^6;$$

daraus ergiebt sich für s^2 die nämliche kubische Gleichung, als ob in dem Falle der unbeschränkten Isotropie die Ausdrücke für T und V ebenfalls auf ihre ersten Glieder reducirt worden wären; man erhält also, wie vorhin,

$$s^2 = a_1 k^2 + a_2 k^4.$$

Drückt man in den Gleichungen $\mathfrak{A}_0 = \frac{1}{3}A_0$, $\mathfrak{A}_1 = \frac{1}{5}A_1$, $\mathfrak{B}_0 = \frac{1}{3}B_0$, $\mathfrak{B}_1 = \frac{1}{7}\mathfrak{B}_1$, auf welche sich in Folge der über l gemachten Voraussetzung die Isotropiebedingungen reduciren, $\cos(rg)$ durch die Cosinus der Winkel aus, welche r und g mit drei rechtwinkligen Axen bilden, so liefern dieselben wegen der willkürlichen Richtung von g beziehungsweise 6, 15, 15, 28 Relationen, von denen jedesmal eine aus den übrigen folgt; die Zahl der von einander unabhängigen Bedingungen ist demnach 60. Nichts hindert, die Anzahl p der verschiedenen Werthe von r so grofs vorauszusetzen, dafs diese linearen Gleichungen neben den beiden, durch welche die Werthe von $f(r)$ und $f'(r)$ mit den Gröfsen a_1 und a_2 verknüpft sind, befriedigt werden können.

Die einzige Beschränkung, der man bei der Auswahl der Werthe von a_1 und a_2 unterworfen ist, rührt von den Stabilitätsbedingungen her, und besteht darin, dafs s^2 positiv und von Null verschieden seyn mufs. Diese Bedingung ist bei der gegenwärtigen Untersuchung erfüllt, da die Fortpflanzungsgeschwindigkeit ebener Wellen in μ, nämlich $\sqrt{a_1}$, und umsomehr $s = \sigma$ als sehr beträchtlich vorausgesetzt wird, und die Gröfsen a_1 und a_2 demgemäfs bestimmt werden.

Wendet man die Gleichung (4) auf die Dispersion des Lichtes an, so kann man auf Grund der Erfahrung, dafs den kleinern Wellenlängen die gröfsern Brechungsindices entsprechen, das Vorzeichen der Constanten $\frac{a_1}{\alpha_1}$ und $\frac{a^2}{\alpha_1}$ bestimmen; in der That folgt aus der ersten der Gleichungen

$$\frac{1}{n^2} = \frac{a_1}{\alpha_1} + (2\pi)^2 \frac{a_2}{\alpha_1} \cdot \frac{n^2}{\lambda^2}, \quad \text{I} = \frac{a_1}{\alpha_1} n^2 + (2\pi)^2 \frac{a_2}{\alpha_1} \cdot \frac{n^4}{\lambda^2},$$

dafs $\frac{a_2}{\alpha_1}$ *negativ, aus der andern, dafs* $\frac{a_1}{\alpha_1}$ positiv seyn mufs.

Die erstere zeigt aufserdem, dafs neben der mit wachsendem λ abnehmenden Wurzel noch eine zweite vorhanden ist, welche mit λ zugleich, und zwar so wächst, dafs ihr Verhältnifs zu λ sich einer von Null verschiedenen festen Gränze nähert. In Folge dieser Zeichenbestimmung kann man zwei positive Gröfsen n_0 und λ_0 so wählen, dafs $\frac{a_1}{a} = \frac{2}{n_0^2}$, $(2\pi)^2 \frac{a_2}{a_1} = -\frac{\lambda_0^2}{n_0^4}$ wird; dagegen nimmt die Gleichung (4) folgende Form an:

$$\left(\frac{n_0}{n}\right)^4 - 2\left(\frac{n_0}{n}\right)^2 + \left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)^2 = 0. \tag{6}$$

Von den Wurzeln dieser Gleichung müssen drei verworfen werden, nämlich zwei wegen ihres Vorzeichens, die dritte aus dem doppelten Grunde, weil sie gegen die Voraussetzung mit λ zugleich wächst, und weil sie für den gebrochenen Strahl eine so kleine Wellenlänge liefern würde, dafs die in (3) vorgenommene Vernachlässigung mindestens nicht als zulässig nachgewiesen werden kann.

Die einzige Wurzel, welche allen Voraussetzungen nachweisbar genügt, ist die folgende:

$$n = \frac{n_0 \sqrt{2}}{\sqrt{\left(1+\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)} + \sqrt{\left(1-\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)}}, \tag{7}$$

wo alle Radikale positiv zu nehmen sind; dieselbe ist für $\lambda > \lambda_0$ reell, für $\lambda < \lambda_0$ complex [1]).

Aus dem Frühern folgt, dafs diese Formel ihre Gültigkeit verliert, sobald λ unter eine, von der Erfahrung festzustellende Gränze sinkt. Läfst man diese Einschränkung für einen Augenblick unberücksichtigt, so kann man zunächst die Gröfsen n_0 und λ_0 von ihrer bisherigen Definition durch die Constanten der Moleculartheorie unabhängig machen, und durch rein physikalische Bedingungen bestimmen. Da nämlich, wie aus der Theorie der Lichtbrechung

1) Setzt man $\lambda_0 = \lambda \sin\varphi$, $0 < \varphi < \frac{\pi}{2}$, so nimmt die Gleichung (7) die *Form* $n \cos\frac{\varphi}{2} = \text{const.}$ an, welche jedoch für die numerische Rechnung *weniger geeignet ist*, als die obige.

und Reflexion bekannt ist, Strahlen mit complexem Brechungsindex total reflectirt werden, so folgt, dafs von μ nach m nur solche Strahlen übergehen können, deren Wellenlänge über der, von der Natur beider Medien abhängigen Gränze λ_0 liegt, während alle Strahlen von kleinerer Wellenlänge bei jedem Einfallswinkel total reflectirt werden. Es sind daher n_0 und λ_0 die Elemente des äufsersten von μ nach m brechbaren Strahls.

Die Wellenlänge dieses charakteristischen Strahls ist im Allgemeinen sehr klein im Vergleich zur Wellenlänge der gewöhnlich sichtbaren Strahlen; nur bei der von Dale und Gladstone untersuchten Lösung von Phosphor in Schwefelkohlenstoff gehört sie einem der bis jetzt beobachteten Theile des Spectrums an, indem bei dieser Substanz $\lambda_0 = 0{,}112$ ist, während nach Esselbach die Wellenlänge von R in dem hier angewandten Maafse 0,114 ist.

Da der Nenner von n sich um so weniger von 2 unterscheidet, je gröfser λ im Vergleich zu λ_0 ist, so müssen alle Strahlen, deren Wellenlänge hinlänglich gröfser als λ_0 ist, nahezu in derselben Richtung gebrochen werden. Das nach obiger Formel gebildete Spectrum ist daher von zwei Richtungen begränzt, die den Brechungsindices n und $\frac{n_0}{\sqrt{2}}$ entsprechen; die erstere wird durch den charakteristischen Strahl gebildet, in der andern concentriren sich alle Strahlen von beträchtlicher Wellenlänge.

Die Constante n_0 bestimmt demgemäfs bei gegebenem Einfallswinkel die beiden Gränzrichtungen des Spectrums, während λ_0 die Gränze der im Spectrum vorhandenen Strahlen angiebt, und zugleich ihre Vertheilung in demselben bestimmt. Man mufs daher die erstere als das Maafs des Brechungsvermögens, die andere als das Maafs des Dispersionsvermögens betrachten.

Um Mifsverständnissen zu begegnen, wiederhole ich, dafs diese Gesetze nur unter bestimmten Einschränkungen gelten, indem sie bei abnehmendem λ einmal aufser Kraft treten werden, und überdiefs der Fall nicht ausgeschlossen ist, dafs

sie in der Wirklichkeit durch Erscheinungen modificirt werden, von denen die gegenwärtige Untersuchung wegen der Bedingung der Superposition keine Rechenschaft zu geben vermag.

Dafs sich obige Formel wirklich auf die Brechung der Lichtwellen anwenden läfst, ergiebt sich aus folgender Tafel, in welcher verschiedene Grade des Dispersionsvermögens, bis zum stärksten aufwärts, vertreten sind; N ist der beobachtete, n der nach (7) berechnete Index; bei den Strahlen, deren Elemente zur Berechnung von n_0 und λ_0 benutzt worden sind, ist n nicht angegeben. Für die Wellenlängen der Strahlen B, C, D, E, F, G und H wurden in $\frac{1}{100000}$ par. Zoll ausgedrückt, die Zahlen

0,2541 0,2424 0,2175 0,1944 0,1791 0,1586 0,1457

angenommen; dieselben bilden das arithmetische Mittel aus den beiden, nur wenig von einander abweichenden Angaben Fraunhofer's, und müssen bei der Ungewifsheit, welche von beiden die genauere ist, als die wahrscheinlichsten betrachtet werden. Da diese Zahlen nur bis auf vier Stellen bekannt, und in der letzten jedenfalls unsicher sind, so mufsten auch alle Indices auf eine entsprechende Zahl von Stellen reducirt werden.

Die Beobachtungen von Baden-Powell und der HH. Dale und Gladstone finden sich in den *Proceed. of the Roy. Soc.*, Novemberheft 1859; die übrigen Angaben sind dem Handbuche von Beer entnommen.

Aether (Dale und Gladstone).

$n_0 : \gamma_2 = 1{,}3482$ $n_0 = 1{,}9068$ $\lambda_0 = 0{,}04827$.

	B	C	D	E	F	G	H
N	1,3545	1,3554	1,3566	1,3590	1,3606	1,3646	1,3683
n		1,3551	1,3568	1,3590	1,3610		1,3678
N − n		+ 3	− 2	0	− 4		+ 5

Spiköl (Baden-Powell).

$n_0 : \gamma_2 = 1{,}4607$ $n_0 = 2{,}0658$ $\lambda_0 = 0{,}06546$.

N	1,4732	1,4746	1,4783	1,4829	1,4868	1,4944	1,5009
n		1,4745	1,4779	1,4825	1,4866		1,5013
N − n		+ 1	+ 4	+ 4	+ 2		− 4

Gelbes Flintglas von Guinand (Dutiron).

$n_0 : \gamma_2 = 1{,}7489 \quad n_0 = 2{,}4733 \quad \lambda_0 = 0{,}07673.$

N	1,7697	1,7718	1,7777	1,7852	1,7924	1,8062	1,8186
n		1,7718	1,7778	1,7855	1,7927		1,8184
$N-n$		0	− 1	− 3	− 3		+ 2

Phenylhydrat (Dale und Gladstone).

$n_0 : \gamma_2 = 1{,}5220 \quad n_0 = 2{,}1525 \quad \lambda_0 = 0{,}07966.$

N	1,5416	1,5433	1,5488	1,5564	1,5639	1,5763	1,5886
n		1,5436	1,5492	1,5566	1,5634		1,5880
$N-n$		− 3	− 4	− 2	+ 5		+ 6

Schwefelkohlenstoff (Dale und Gladstone).

$n_0 : \gamma_2 = 1{,}5854 \quad n_0 = 2{,}2422 \quad \lambda_0 + 0{,}09897.$

N	1,6177	1,6209	1,6303	1,6434	1,6554	1,6799	1,7035
n		1,6212	1,6307	1,6437	1,6559		1,7028
$N-n$		− 3	− 4	− 3	− 5		+ 7

Lösung von Phosphor in Schwefelkohlenstoff (Dale und Gladstone).

$n_0 : \gamma_2 = 1{,}8812 \quad n_0 = 2{,}6604 \quad \lambda_0 = 0{,}1121.$

N	1,9314	*	1,9527	1,9744	1,9941	2,0361	2,0746
n		1,9369	1,9523	1,9737	1,9942		2,0783
$N-n$			+ 4	+ 7	− 1		− 37

* ist nicht beobachtet.

Um mit Sicherheit beurtheilen zu können, ob die Werthe der Differenzen $N - n$ zum Schlusse auf eine Ungenauigkeit der Formel berechtigen, mufs man die Gränzen bestimmen, innerhalb deren sich die Unterschiede zwischen den *berechneten* und den *wahren* Indices halten müssen, wenn die Formel als absolut genau vorausgesetzt wird, und die Beobachtungsfehler bestimmt angenommene Gränzen erreichen, aber nicht überschreiten können; daraus ergeben sich unmittelbar die Gränzen der, mit der Gültigkeit der Formel verträglichen Abweichungen der *berechneten* von den *beobachteten* Indices. Ich habe die etwas umständliche Rechnung für Schwefelkohlenstoff ausgeführt, unter der Voraussetzung, dafs die Fehler, mit denen die beobachteten Indices und *Wellenlängen behaftet sind*, höchstens eine, bezüglich zwei

Einheiten der letzten Stelle betragen. Dieser Substanz wurde deshalb der Vorzug gegeben, weil sie bei ihrer starken Dispersion und der Vollständigkeit der Beobachtungsreihe sich zu einem wirklichen Prüfungsmittel der Dispersionsformel eignet, und aufserdem die bei ihr vorkommenden Differenzen $N - n$ nicht unbeträchtlich sind. Es hat sich ergeben, dafs, wenn die Formel volle Genauigkeit besitzt, die Unterschiede zwischen den berechneten und den wahren Indices in Folge der bei den Beobachtungen als möglich vorausgesetzten Fehler, abgesehen vom Zeichen und in Einheiten der letzten Stelle für die Strahlen *C*, *D*, *E*, *F*, *H* die Gränzen

2 3 4 5 9

erreichen können; hätte man weitere Gränzen für die Beobachtungsfehler angenommen, so würden diese Zahlen gröfser ausgefallen seyn. Addirt man hierzu die möglichen Abweichungen der beobachteten von den wahren Indices, so erhält man für die zulässigen Differenzen zwischen den beobachteten und berechneten Indices die Gränzen

3 4 5 6 10.

Die absoluten Werthe der wirklichen Differenzen sind der Tafel zufolge gleich

3 4 3 5 7,

und werden demnach vollständig durch die Beobachtungsfehler erklärt, selbst wenn man den Beobachtungen eine Genauigkeit zuschreibt, welche sie zuverlässig nicht besitzen.

Es schien überflüssig, diese Untersuchung für die übrigen Substanzen der Tafel zu wiederholen, da bei denselben die Differenzen durchweg kleiner, als beim Schwefelkohlenstoff sind; die starke Abweichung beim Index *H* der Lösung von Phosphor in Schwefelkohlenstoff läfst sich vielleicht durch die Schwierigkeit erklären, bei der durch die starke Dispersion verursachten ungemeinen Lichtschwäche noch sichere Beobachtungen anzustellen.

Ueber die Dispersionsverhältnisse nicht isotroper Medien *ist bis jetzt nichts* Genügendes festgestellt; es lag jedoch nahe,

durch numerische Rechnung zu untersuchen, ob in solchen Fällen der Lichtbrechung, wo sich die Richtung der Strahlen nach dem gewöhnlichen Gesetze ändert, auch für die Dispersion das gewöhnliche Gesetz gelte. Die folgende Tafel zeigt, dafs diefs, soweit die Genauigkeit der Beobachtungen reicht, wirklich der Fall ist; aufserdem ergiebt sich aus den schönen Beobachtungen Esselbach's (Poggendorff's Annalen 98.) das wichtige Resultat, dafs die Formel (7), wenigstens bei einer Substanz, auf alle zwischen *B* und dem Esselbach'schen Streifen *R* enthaltenen Wellenlängen anwendbar ist.

Bei den circularpolarisirenden Substanzen zeigt sich eine Unregelmäfsigkeit, die sich allerdings auch beim Aether findet; dieselbe besteht in dem öftern Zeichenwechsel der Differenzen $N - n$. Wären blofs die zur Berechnung von n_0 und λ_0 benutzten Beobachtungen ungenau, alle übrigen dagegen in Uebereinstimmung mit dem durch (7) ausgedrückten Gesetze, so würde in der Differenzreihe höchstens ein einziger Zeichenwechsel vorkommen können.

Bei Lavendelöl *H* ist die Beobachtung als unsicher bezeichnet; die starke Abweichung bei *D* rührt, wie es scheint, davon her, dafs an Stelle von *D* noch einmal *C* beobachtet worden ist.

Cicularpolarisirende Mittel.

Lavendelöl (Baden-Powell).

$n_e : \gamma_2 = 1{,}4525$ $n_0 = 2{,}0541$ $\lambda_0 = 0{,}06335$.

N	1,4641	1,4658	1,4660	1,4728	1,4760	1,4837	1,4930?
n		1,4653	1,4685	1,4727	1,4766		1,4900
$N-n$		+ 5	− 25	+ 1	− 6		+ 30

Terpentinöl (Fraunhofer).

$n_e : \gamma_2 = 1{,}4599$ $n_0 = 2{,}0647$ $\lambda_0 = 0{,}06035$.

N	1,4765	1,4715	1,4744	1,4784	1,4817	1,4882	1,4939
n		1,4716	1,4745	1,4783	1,4818		1,4938
$N-n$		− 1	− 1	+ 1	− 1		+ 1

Einaxige Krystalle.

Ordentlicher Strahl im Bergkrystall, elliptischpol. (Esselbach).

$n_0 : \sqrt{2} = 1{,}5348$ $n_0 = 2{,}1706$ $\lambda_0 = 0{,}04935 = 133{,}6$ Milliontel-Millim.

λ	*B* 687,4	*C* 656,4	*D* 588,6	*E* 526,0	*F* 484,5	*G* 428,7	*H* 392,9
N	1,5414	1,5424	1,5446	1,5476	1,5500	1,5546	1,5586
n	1,5422	1,5430	1,5450		1,5500	1,5543	1,5583
N−*n*	− 8	− 6	− 4		0	+ 3	+ 3

λ	*L* 379,1	*M* 365,4	*N* 349,8	*O* 336,0	*P* 329,0	*Q* 323,2	*R* 309,1
N	1,5605	1,5621	1,5646	1,5674	1,5690	1,5702	1,5737
n	1,5601		1,5648	1,5675	1,5690	1,5704	1,5740
N−*n*	+ 4		− 2	− 1	0	− 2	− 3

λ ist in Milliontel-Millimetern angegeben.

Hauptindices des Doppelspaths (Rudberg).

ω. $n_0 : \sqrt{2} = 1{,}6394$ $n_0 = 2{,}3185$ $\lambda_0 = 0{,}06458$.

N	1,6531	1,6545	1,6585	1,6636	1,6680	1,6762	1,6833
n		1,6545	1,6583	1,6632	1,6677		1,6836
N−*n*		0	+ 2	+ 4	+ 3		− 3

ε. $n_0 : \sqrt{0} = 1{,}4774$ $n_0 = 2{,}0893$ $\lambda_0 = 0{,}04733$.

N	1,4839	1,4845	1,4864	1,4887	1,4907	1,4945	1,4978
n		1,4845	1,4863	1,4886	1,4906		1,4978
N−*n*		0	+ 1	+ 1	+ 1		0

Hauptindices zweiaxiger Krystalle (Rudberg).

Arragonit (negativ).

α. $n_0 : \sqrt{3} = 1{,}6672$ $n_0 = 2{,}3578$ $\lambda_0 = 0{,}06344$.

N	1,6806	1,6820	1,6859	1,6908	1,6952	1,7032	1,7101
n		1,6820	1,6857	1,6906	1,6950		1,7105
N−*n*		0	+ 2	+ 3	+ 2		− 4

β. $n_0 : \sqrt{2} = 1{,}6632$ $n_0 = 2{,}3521$ $\lambda_0 = 0{,}06284$.

N	1,6763	1,6778	1,6816	1,6863	1,6905	1,6984	1,7051
n		1,6776	1,6814	1,6860	1,6903		1,7055
N−*n*		+ 2	+ 2	+ 3	+ 2		− 4

γ. $n_0 : \nu_2 = 1{,}5207$ $n_0 = 2{,}1506$ $\lambda_0 = 0{,}04815$.

N	1,5275	1,5282	1,5301	1,5326	1,5348	1,5388	1,5423
n		1,5282	1,5301	1,5325	1,5347		1,5424
$N-n$		0	0	+ 1	+ 1		− 1

Topas (positiv).

α. $n_0 : \nu_2 = 1{,}6098$ $n_0 = 2{,}2766$ $\lambda_0 = 0{,}05058$.

N	1,6179	1,6188	1,6211	1,6241	1,6265	1,6312	1,6351
n		6,6187	1,6209	1,6238	1,6264		1,6354
$N-n$		+ 1	+ 2	+ 3	+ 1		− 3

β. $n_0 : \nu_2 = 1{,}6025$ $n_0 = 2{,}2662$ $\lambda_0 = 0{,}05040$.

N	1,6105	1,6114	1,6137	1,6167	1,6191	1,6237	1,6275
n		1,6113	1,6135	1,6163	1,6189		1,6278
$N-n$		+ 1	+ 2	+ 4	+ 2		− 3

γ. $n_0 : \nu_2 = 1{,}6004$ $n_0 = 2{,}2633$ $\lambda_0 = 0{,}05039$

N	1,6091	1,6094	1,6116	1,6145	2,6170	1,6215	1,6254
n		1,6092	2,6114	1,6143	1,6168		1,6257
$N-n$		+ 2	+ 2	+ 2	+ 2		− 3

Nachtrag.

Aus meinen Untersuchungen über die Dispersion des Lichtes, von denen ein Auszug in der Sitzung vom 14. d. M. vorgelegt worden ist, hat sich ergeben, dafs das Spectrum eines aus Strahlen von allen Wellenlängen gemischten Lichtes zwischen zwei Richtungen eingeschlossen ist, über welche hinaus keine Strahlen gebrochen werden; die eine von diesen Begränzungen rührt davon her, dafs alle Strahlen, deren Wellenlänge kleiner als eine bestimmte Strecke λ_0 ist, an der Oberfläche der brechenden Substanz total reflectirt werden, und deshalb im Spectrum fehlen müssen; in der andern Gränzrichtung concentriren sich alle Strahlen von beträchtlicher Wellenlänge. Die zu diesen Richtungen gehörigen Brechungsindices sind in meiner Abhandlung durch n_0 *und* $\frac{n_0}{\nu 2}$ *bezeichnet, und in den* beigefügten Tafeln für

jede Substanz angegeben. Es wurden dabei absichtlich alle Folgerungen unterlassen, welche sich aus den Werthen dieser Indices auf die Ausdehnung der dunkeln Gebiete des Spectrums ziehen lassen, und zwar bei den brechbarsten Strahlen aus dem wiederholt angegebenen Grunde, weil in diesen Theilen des Spectrums die von mir gegebene Dispersionsformel, unbeschadet der Richtigkeit der allgemeinen Theorie, ihre Gültigkeit verlieren kann, bei den Strahlen von der geringsten Brechbarkeit dagegen, weil keine Beobachtungen vorhanden sind, die eine Vergleichung mit der Theorie gestatten.

Der einzige Versuch, den Brechungsindex der äufsersten nachweisbaren dunkeln Wärmestrahlen zu bestimmen, ist meines Wissens von Müller (Poggendorff's Annalen 105. S. 352) gemacht worden. Müller liefs ein, durch ein Crownglasprisma entworfenes Sonnenspectrum auf einen Schirm fallen, in einer Entfernung, bei welcher seine Breite 18^{mm} betrug. In diesem Spectrum bedeckte jede Strahlengattung eine, nach Eisenlohr's Vermuthung (Poggendorff's Annalen 109. S. 240) 8^{mm}, jedenfalls aber nicht weniger als 2^{mm} breite Fläche. Mittelst der Thermosäule wurde nachgewiesen, dafs die weniger brechbaren dunkeln Wärmestrahlen sich jenseits B über eine Fläche von ungefähr gleicher Breite, wie das leuchtende Spectrum erstreckten.

Aus dieser Beobachtung, welche zuerst von Franz (Poggendorff's Annalen 101.) gemacht worden ist, schliefst Müller 1), dafs in diesem Spectrum der Streifen B in der Mitte zwischen H und den äufsersten dunkeln Wärmestrahlen W liege, und dafs aus diesem Grunde 2) der Index von B das arithmetische Mittel aus den Indices von H und W sey. Da nach Fraunhofer für Crownglas $n_B = 1{,}526$, $n_H = 1{,}546$ ist, so findet Müller hieraus $n_W = 1{,}506$, während die Annäherungsformel Cauchy's $n_\lambda = 1{,}5156$ liefert. Aus der meinigen ergiebt sich $n_W = 1{,}5163$.

Hierbei ist nun zu bemerken, dafs die von Müller angewandte *Formel* nur dann mit einiger Annäherung gültig

seyn würde, wenn die Indices von *H*, *B* und *W* nur um zu vernachlässigende Gröfsen von einander verschieden wären; aufserdem hat der Schlufs, *B* liege in der Mitte zwischen *H* und *W*, keinen rechten Sinn, indem von den Entfernungen der Strecken, über welche die genannten Strahlengattungen sich im Spectrum verbreiten, doch nur auf Grund bestimmt anzugebender Conventionen gesprochen werden kann.

Dem gegenüber sucht Eisenlohr am angeführten Orte zu zeigen, dafs die Versuche Müller's mit Rücksicht auf die Divergenz der Sonnenstrahlen eine genügende Erklärung finden, wenn man den kleinsten Brechungsindex für Crownglas zu 1,516 statt zu 1,506 annimmt. Eine bessere Bestätigung meiner Formel würde sich nicht denken lassen, wenn nicht Hr. Eisenlohr zur Begründung seiner Schlüsse genöthigt gewesen wäre, bei der gänzlichen Abwesenheit aller erforderlichen Angaben über die Anordnung der Müller'schen Versuche zu Hypothesen über dieselbe seine Zuflucht zu nehmen.

Auf eine Vergleichung der Dispersionstheorie mit experimentellen Untersuchungen über die dunkeln Theile des Spectrums wird man wohl vorläufig verzichten müssen, da eine, auch nur angenäherte Bestimmung der Elemente derjenigen Strahlen, welche in diese Gebiete hinein gebrochen werden, mit zu bedeutenden Schwierigkeiten verbunden zu seyn scheint.

III. *Beitrag zur Lehre von der Erhaltung der lebendigen Kraft; von E. Segnitz.*

Die Behauptung, dafs die Summe der sogenannten lebendigen Kräfte in dem Universum eine constante Gröfse sey, ist in dieser Allgemeinheit, wie es scheint, zuerst von Leibnitz [1]) ausgesprochen worden. Lagrange bezeichnet zwar [2]) Huyghens als denjenigen, welcher von dem die Erhaltung der lebendigen Kräfte betreffenden Satze den ersten Gebrauch gemacht habe; Letzterer aber hatte das fragliche Theorem offenbar in einem viel beschränkteren Sinne aufgefafst, als es von dem deutschen Philosophen geschehen ist. Johann Bernoulli, welcher ebenfalls mitunter als Entdecker des obigen Gesetzes bezeichnet wird, machte selbst keinen Anspruch darauf. In einem seiner Briefe an Leibnitz [3]) sagt er ausdrücklich: »*Assumo novum tunc principium de conservatione ejusdem quantitatis virium ex quo deinde principium Huyenianum tanquam corollarium deducitur.*«. Nachdem der Gegenstand durch Dr. Mayer in Heilbronn vor nicht ganz zwanzig Jahren von Neuem angeregt worden ist, hat derselbe die Aufmerksamkeit der bedeutendsten Physiker und Mathematiker auf sich gezogen, zu manchen überraschenden Entdeckungen geführt, und der Naturforschung ein neues vielversprechendes Feld eröffnet.

Auf dem ersten Anblick scheint es, als werde »*die Erhaltung der Kraft*« gegenwärtig allgemein als ein Naturgesetz anerkannt; bei näherem Eingehen auf die Sache zeigt sich jedoch, dafs die Uebereinstimmung hierin nur eine scheinbare, keinenfalls vollständige ist, und das angebliche Naturgesetz noch in sehr verschiedener Weise gedeutet wird.

1) *G. G. Leibnitii et Joh. Bernoullii Commercium philos. et mathematicum. Lausannae et Genevae* 1745, *Epist. XXVI, T. I p.* 157, sowie a. m. a. Stellen.

2) *Mécanique analytique*, 3. *édit. T. I p.* 225.

3) *L. c. p.* 153.

Durch den jedenfalls unpassenden Namen, welchen frühere Mathematiker dem Product aus Masse und Quadrat der Geschwindigkeit beizulegen für gut fanden, hat man sich hin und wieder zu der, durch keinerlei Thatsachen gerechtfertigten Ansicht verleiten lassen, es bestehe zwischen den sogenannten lebendigen Kräften und den Kräften im eigentlichen Sinne des Wortes ein derartiger Zusammenhang, dafs jeder Veränderung der ersteren eine solche der letzteren entspreche, wodurch die Constanz der Kräftesumme in der Welt erhalten werde, und, umgekehrt. So hat Faraday geradezu ausgesprochen, dafs nach seiner Ueberzeugung die durch Ab- und Zunahme der Entfernung bedingten Modificationen der Schwerkraft von Erscheinungen begleitet seyn müssen, welche, wenn sie uns jetzt auch noch unbekannt sind, doch später entdeckt, dazu dienen werden, jene Doctrin zu bestätigen [1]).

Ich sehe diese Meinung als hinreichend widerlegt an, und will mich daher nicht länger dabei aufhalten, vielmehr in dem Folgenden lediglich die Frage in's Auge fassen, inwieweit sich die Constanz der Summe lebendiger Kräfte in der Natur aus den Prinzipien der rationellen Mechanik herleiten oder doch mit denselben vereinigen läfst, indem ich voraussetze, dafs man der reinen Bewegungslehre bei dieser offenbar zu ihrem Gebiete gehörigen Frage auch ein Wort mitzusprechen gestattet, und ihr nicht etwa vom Standpunkt der Metaphysik Stillschweigen aufzulegen gemeint ist.

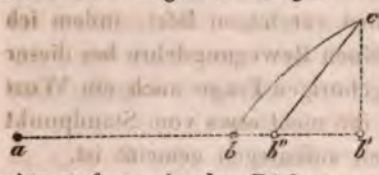
Die Erhaltung der lebendigen Kraft kann — von der kurz vorher erwähnten Auffassung abgesehen — in einem doppelten Sinne gedeutet werden, nämlich einmal dahin, dafs man die Constanz der betreffenden Summe für jeden Augenblick behauptet, also jede auch nur vorübergehende Aenderung ausschliefst; und zweitens dahin, dafs man diese Summe nur periodisch dieselbe Gröfse erreichen läfst, oder auch — von ihrer thatsächlichen Gröfse ganz absehend —

1) Man sehe in Betreff dieser Aeufserungen des berühmten Physikers: *Phil. Mag. F. XIII p. 166*, sowie die Entgegnung von Macquorn *Rankine* in derselben Zeitschrift *V. XVII p.* 250 und 347.

sich auf die Behauptung beschränkt, dafs, wenn sich in der Welt einmal genau die gleiche Aenderung aller Körper und Körpertheile wiederholt haben sollte, in diesem Falle auch genau wieder dieselbe Summe von lebendigen Kräften vorhanden seyn würde.

Hirn scheint von der erstern Ansicht ausgegangen zu seyn, als er seine bekannten Versuche über das mechanische Aequivalent der Wärme anstellte; er hat sich aber dabei überzeugt, dafs ein gegebenes Maafs mechanischer Arbeit nicht dieselbe Wärmemenge zu erzeugen, wie sonst, im Stande ist, wenn die mechanische Arbeit gleichzeitig bleibende Formänderungen fester Körper bewirkt. Diefs zeigte sich bei dem Bohren verschiedener Metallstücke, als auch bei den Reibungsversuchen, sobald aus Mangel an Schmiere eine sichtliche Abnutzung der Oberflächen eintrat [1]).

Es läfst sich leicht darthun, dafs es zur Hervorbringung einer solchen Wirkung nicht der wirklichen Trennung eines festen Körpers bedarf, sondern dafs die Ueberschreitung der Elasticitätsgränzen bei unvollkommen elastischen Körpern schon genügt, um eine Verminderung der lebendigen Kraft zu Wege zu bringen.



Es seyen a, b (in der nebenstehenden Figur) zwei Molecüle eines solchen Körpers im Zustande des Gleichgewichts. Wird nun durch eine äufsere, in der Richtung ab wirkende Kraft eine Ausdehnung desselben hervorgebracht, so wird das Molecül b in Bezug auf a den relativen Weg bb' zurücklegen und in jedem Punkte desselben ein gewisser, aus den inneren Kräften hervorgehender Widerstand zu überwinden seyn. Diese Widerstände denken wir uns als Ordinaten auf die Abscissenlinie bb' aufgetragen und erhalten so eine Curve bc, welche bei einem vollkommen elastischen Körper in

1) *Recherches sur l'équivalent mécanique de la chaleur, présentées à la Société de physique de Berlin par* G. A. Hirn, *ingénieur civil. Colmar et Paris* 1828.

eine Grade übergehen würde, den thatsächlichen Eigenschaften der physischen Körper entsprechend aber ihre concave Seiten der Abscissenlinie zukehrt. Nachdem die äufsere Kraft aufgehört hat zu wirken, nimmt das Molecül b' eine rückgängige Bewegung an, gelangt aber nicht ganz zu seinem ursprünglichen Ort b, sondern kommt in der neuen Gleichgewichtslage b'' zur Ruhe. Die auf das betrachtete Molecül wirkenden Kräfte werden dabei von den vorhin erwähnten Widerständen verschieden, und zwar kleiner als diese ausfallen. Ist die von Gerstner aufgestellte Behauptung richtig, dafs sich ein unvollkommen elastischer Körper innerhalb der Gränzen der Ausdehnung, welche er früher einmal erfahren hat, nahezu wie ein vollkommen elastischer verhält — unter dieser Voraussetzung, sage ich, wird die der rückgängigen Bewegung entsprechende Curve cb'' nicht merklich von einer geraden Linie verschieden seyn. Die bei dem beschriebenen Vorgang stattfindende Vermehrung der lebendigen Kraft wird durch das Dreieck $b'cb''$, die Verminderung derselben durch die Fläche bcb' ausgedrückt, und wir erhalten somit schliefslich eine der Fläche bcb'' proportionale *Verminderung* der lebendigen Kraft.

Das Dogma von der absoluten Unveränderlichkeit der lebendigen Kraft im Universum findet weder in den Prinzipien der Bewegungslehre, noch in der Erfahrung eine Stütze, und ist daher nicht wohl haltbar.

Leider wird der hierher gehörige, in aller Strenge zu beweisende Lehrsatz der rationellen Mechanik auch in den Lehrbüchern der letztern nicht immer präcis genug ausgesprochen, um jedes Mifsverständnifs zu beseitigen. So sagt Duhamel [1]): »*Lorsque l'expression* $\Sigma (Xdx + Ydy + Zdz)$ *est la différentielle exacte d'une fonction* φ *de* x, y, z, x', y', z', ... *considérées comme variables indépendantes, on pourra intégrer les deux membres de l'équation précédente entre deux époques quelconques et l'on aura:*

$$(2) \quad \tfrac{1}{2}\Sigma mv^2 - \tfrac{1}{2}\Sigma mv_0^2 = \varphi(x, y, z, x', ..) - \varphi(x_0, y_0, z_0, x'_0, ..).$$

1) *Cours de Mécanique, 2. édit. T. II p.* 120.

»... *Si les forces X, Y, Z sont nulles, le second membre de l'équation* (2) *est nul, et la somme des forces vives est constante. C'est en cela que consiste le principe de la conservation des forces vives.*«

Letztere Behauptung würde entschieden falsch seyn, wenn man unter *X*, *Y*, *Z* lediglich die Componenten der äufsern Kräfte verstehen wollte, indem auch die *innern* Kräfte eine von Null verschiedene Arbeit zu verrichten im Stande sind. Obiger Ausspruch ist aber ein völlig überflüssiger, wenn damit die Erhaltung der lebendigen Kraft in Bezug auf ein System behauptet werden soll, auf welches weder äufsere noch innere Kräfte wirken; denn unter dieser Voraussetzung wird dem Gesetz der Trägheit zufolge jedes Atom eine geradlinige Bewegung von gleichförmiger Geschwindigkeit zeigen, mithin nicht nur die Summe der sogenannten lebendigen Kräfte, sondern, wie sich ganz von selbst versteht, auch jede beliebige andere Function der Massen und Geschwindigkeiten eine constante Gröfse seyn.

Alles, was sich in Bezug auf den vorliegenden Gegenstand als vollkommen feststehend aus den Prinzipien der Mechanik herleiten läfst, ist aber in folgendem Satze enthalten, nämlich:

Wenn auf ein beliebiges System von materiellen Punkten nur solche Kräfte wirken, welche entweder von äufseren *festen* Punkten oder von den beweglichen Theilen des Systemes selbst ausgehen und *lediglich Functionen der gegenseitigen Abstände sind,* so ist auch die Summe der dem System in jedem Augenblick zukommenden lebendigen Kräfte eine solche Function, und mithin für jede periodisch wiederkehrende gleiche Anordnung aller Theile *constant.*

Dehnen wir nun das betrachtete System auf das *Weltall* aus, so fallen die *äufsern* Kräfte gänzlich hinweg, und wir haben es nur mit *innern* Kräften zu thun, von welchen das dem obigen Satze, sowie der gesammten Mechanik zu Grunde liegende Axiom von der Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung allerdings erfahrungsmäfsig gilt; dagegen ist weder die periodisch wiederkehrende Anordnung aller Theile

des Universums, noch von allen in der Natur vorkommenden mechanischen Kräften erwiesen, dafs sie lediglich Functionen des gegenseitigen Abstandes der Körper und Körpertheile sind, welche solche Kräfte gegen einander äufsern. Die hyperbolischen Bahnen mancher Kometen scheinen vielmehr der ersten dieser beiden unerwiesenen Annahmen geradezu zu widersprechen; dasselbe gilt von vielen Erscheinungen des Magnetismus und der Elektricität in Bezug auf die zweite Hypothese. Zwei Stücke weichen Eisens üben in der Nachbarschaft eines kräftigen permanenten oder Elektro-Magneten augenscheinlich ganz andre Wirkungen auf einander aus, als wenn der Magnet nicht da ist. Diese Wirkungen sind also nicht allein von dem gegenseitigen Abstand abhängig, sondern können auch durch die Gegenwart eines *dritten* Körpers wesentlich modificirt werden.

Die Beweisführung des Satzes, dafs sich dieselbe Anordnung aller Theile des Universums von Zeit zu Zeit wiederhole, können wir getrost denen zuschreiben, welche eine solche Behauptung aufstellen. Andrerseits läfst sich nicht *leugnen*, dafs nach vielfältigen Beobachtungen, welche in neuerer Zeit von Physikern angestellt worden sind, der Satz von der Erhaltung der lebendigen Kraft allerdings noch über die Gränzen des strengen Beweises hinaus, welchen die Wissenschaft der Mechanik bisher zu liefern im Stande gewesen ist, Geltung zu haben scheint. Vermuthlich hat sich derselbe in sehr vielen Fällen auch hinsichtlich solcher Kräfte, bei welchen die erwähnte Bedingung augenscheinlich *nicht* erfüllt ist, demungeachtet zutreffend gezeigt. Man hat geglaubt auf solche Weise einem Naturgesetz höherer Ordnung auf die Spur gekommen zu seyn, welches man jedoch trotz aller Bemühungen noch nicht einmal mit der wünschenswerthen Präcision zu formuliren, geschweige denn streng zu beweisen vermocht hat. Dasselbe hat die Natur der Kräfte und die zwischen denselben stattfindenden Beziehungen zum Gegenstande, während sich die rationelle Mechanik mit der Frage nach der Natur dieser Kräfte nicht *weiter zu befassen, sondern dieselben* als gegeben voraus-

zusetzen pflegt. Man spricht von der *Correlation* oder *Wechselwirkung der Naturkräfte*, ist jedoch bisher kaum im Stande gewesen, ein andres mafsgebendes Prinzip dafür aufzustellen, als den angeblichen metaphysischen Grundsatz, dafs die Wirkung der Ursache gleich seyn müsse oder — die Unmöglichkeit des *Perpetuum mobile*. Der erstere Satz müfste jedenfalls dahin berichtigt werden, dafs wir sagen: Die Wirkungen *verhalten sich* wie die Ursachen; denn Ursache und Wirkung können, streng genommen, als ungleichartige Gröfsen einander nicht ohne Weiteres gleich gesetzt werden.

Helmholtz sucht den ersten Anstofs zu den betreffenden Entdeckungen in den frühern Bestrebungen ein sogenanntes *Perpetuum mobile* herzustellen. Von jener Periode der Verwirrungen zur Jetztzeit übergehend sagt er[1]): »Man fragte nicht mehr: wie kann ich die bekannten und unbekannten Beziehungen zwischen Naturkräften benutzen, um ein *Perpetuum mobile* zu construiren? sondern man fragte: Wenn ein *Perpetuum mobile* unmöglich seyn soll, welche Beziehungen müssen dann zwischen den Naturkräften bestehen? Mit dieser Umkehr der Frage war alles gewonnen.«

Ich mufs gestehen, die Benutzung der Unmöglichkeit, jenes berüchtigte Problem zu lösen, als eines an sich einleuchtenden Axiomes, scheint mir einigermaafsen bedenklich, obgleich Leibnitz, Carnot und Andere zu ähnlichen Zwecken davon Gebrauch gemacht haben. Bekanntlich hat die Pariser Akademie bereits im Jahre 1775 beschlossen und erklärt, keiner auf diesen Gegenstand bezüglichen Denkschrift mehr irgend eine Beachtung zu schenken; demungeachtet erhält dieselbe noch jedes Jahr dergleichen Zuschriften, nur in England sind noch in dem gegenwärtigen Jahrhundert 84 Patente auf Erfindungen genommen worden, welche, wenn sie auch nicht durchgängig so bezeichnet wurden, im Wesentlichen doch auf das *Perpetuum mobile* hinauslaufen[1]). Es geht daraus hervor, dafs

1) Perpetuum mobile or search for self-motive power during the 17th, 18th and 19th century; by Henry Dirks, C. E. London *1861, p. 496.*

die Unmöglichkeit desselben eben nicht allen Köpfen einleuchten will.

Die Bedeutung der angeregten Frage ist nicht zu verkennen; ebensowenig läfst sich in Abrede stellen, dafs die damit im engsten Zusammenhang stehende weitere Frage: Wie müssen die in der Natur vorhandenen Kräfte beschaffen seyn, wenn die Erhaltung der Kraft, in dem zuletzt erwähnten bedingungsweisen Sinne verstanden, gesichert seyn soll? — es läfst sich, sage ich, nicht in Abrede stellen, dafs diese Frage ganz eigentlich dem Gebiet der Mechanik anheimfällt. Die Unzerstörbarkeit und Unveränderlichkeit der Atome einmal zugestanden, können sämmtliche Erscheinungen der Körperwelt in letzter Analyse nur auf Bewegung beruhen; Mufsschenbroek [1]) sagt daher mit vollem Recht: »*Nulla corporibus inducitur mutatio, cujus causa non fuerit motus.*«

Betrachten wir jetzt von diesem Standpunkte aus ein System von materiellen Punkten, deren Massen m_1, m_2, m_3, ... seyen und auf welches keine äufsere Kräfte wirken, bezeichnen wir dabei durch v_1, v_2, v_3, ... die augenblicklichen Geschwindigkeiten derselben materiellen Punkte, und durch R eine Function der gegenseitigen Abstände r, r', r'', ..., welche aufserdem keine veränderlichen Gröfsen enthält, so ist der analytische Ausdruck des fraglichen Satzes, in dem mehrfach erläuterten Sinne aufgefafst,

$$\Sigma m v^2 = 2R \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (I)$$

woraus sich durch Differentiiren weiter ergiebt:

$$\Sigma m v dv = \frac{dR}{dr} dr + \frac{dR}{dr'} dr' + \frac{dR}{dr''} dr'' + \quad . \quad . \quad (II)$$

Setzen wir andrerseits die gegenseitigen Einwirkungen je zweier materieller Punkte auf einander beziehentlich gleich φ, φ', φ'', ..., wobei den gegenseitigen Abstand vergröfsernde, also abstofsende Kräfte als positive, anziehende Kräfte dagegen als negative Gröfsen in Rechnung zu bringen sind, so ist bekanntlich:

$$\Sigma m v dv = \varphi dr + \varphi' dr' + \varphi'' dr'' + \quad . \quad . \quad (III)$$

1) *Introductio ad philosophiam naturalem. T. I p. 5.*

Ziehen wir nun von dieser Gleichung vorhergehende ab, und dividiren den Rest durch das Element der Zeit t, so erhalten wir:

$$\left(\varphi - \frac{dR}{dr}\right)\frac{dr}{dt} + \left(\varphi' - \frac{dR}{dr'}\right)\frac{dr'}{dt} + \left(\varphi'' - \frac{dR}{dr''}\right)\frac{dr''}{dt} + \ldots = 0 \quad . \quad \text{(IV)}$$

Diefs ist die Bedingung, welche nothwendig erfüllt seyn mufs, wenn bei periodisch wiederkehrender gleicher Anordnung eines solchen Systemes die Summe seiner lebendigen Kräfte auch stets wieder denselben Werth annehmen soll.

Dieser Bedingung geschieht immer Genüge, sobald jene Function der Gröfsen φ, φ', φ'', ... lediglich eine Function des Abstandes zwischen denjenigen beiden Molecülen ist, deren gegenseitige Einwirkung dadurch bezeichnet werden soll, indem dann jeder der Ausdrücke auf der rechten Seite der Gleichung

$$R = \int \varphi\, dr + \int \varphi'\, dr' + \int \varphi''\, dr'' + \quad . \quad . \quad \text{(V)}$$

für sich integrabel ist, und

$$\frac{dR}{dr} = \varphi, \quad \frac{dR}{dr'} = \varphi', \quad \frac{dR}{dr''} = \varphi'' \quad . \quad . \quad . \quad \text{(VI)}$$

wird. Es entsteht daher zunächst die Frage, ob die vorhin angedeuteten Ausnahmen nicht vielleicht nur scheinbare sind? ob sich das Gesetz, nach welchem sich die von zwei Körpern auf einander ausgeübten Wirkungen nur mit ihrem gegebenen Abstande ändern, und von der Nachbarschaft jedes dritten Körpers völlig unabhängig sind — ob sich dieses Gesetz, welches bei den bekannten Naturkräften jedenfalls die Regel bildet, nicht als ein ohne alle Ausnahme gültiges herausstellen würde, wenn wir im Stande wären, die Wirkungen, welche *die kleinsten Körpertheile* auf einander äufsern, überall vollständig zu ermitteln. Die Vorschrift, die möglichst einfachsten Hypothesen zur Erklärung der Naturerscheinungen zu wählen, spricht offenbar im Allgemeinen für eine solche Annahme; bei weiterer Ausführung dieses Gedankens aber würde man, glaube ich, auf

grofse Schwierigkeiten stofsen. Man würde dann, wie es scheint, zu der weiteren Hypothese gezwungen seyn, dafs zwei Molecüle, welche verschiedenen Körpern *A* und *B* angehören, eigentlich unendlich gröfsere anziehende oder abstofsende Kräfte auf einander ausüben, als wir auf Grund der beobachteten Gesammtwirkung bisher angenommen haben, dafs aber jede solche Einzelwirkung durch die eines benachbarten (ponderabeln oder imponderabeln) Molecüles nahezu aufgehoben, und nur der verhältnifsmäfsig sehr kleine Unterschied je zweier Kräfte wahrgenommen werde. Unter dieser Voraussetzung allein liefse es sich ohne Beeinträchtigung des obigen Gesetzes erklären, wie aus einer unmerklichen Aenderung in der Anordnung der Molecüle, welche die Körper *A* und *B* bilden, eine wesentlich veränderte Gesammtwirkung beider Körper auf einander hervorgehen könne.

Lassen wir aber, zur Vermeidung einer solchen, etwas künstlich aussehenden Hypothese die fragliche Beschränkung der Functionen φ, φ', φ'', ... auf je einen der Abstände r, r', r'', ... ganz fallen, so handelt es sich weiter darum, ob wir die dadurch bezeichneten Kräfte von den relativen Geschwindigkeiten unabhängig machen wollen oder nicht. Für beide Hypothesen lassen sich Autoritäten anführen. Redtenbacher legt den in seinem »*Dynamiden-System*« niedergelegten Untersuchungen [1]) ausdrücklich den Satz zu Grunde, dafs die Wechselwirkung der Atome im bewegten Zustande so grofs ist, als im ruhenden. Fechner dagegen spricht [2]) die Meinung aus, dafs mit Kräften, welche lediglich von den Distanzen abhängig angenommen werden, nicht auszukommen sey, wenn man von den elektrischen und magnetischen Erscheinungen genügende Erklärungen geben wolle, und hält die Einführung der Bewegungszustände, d. h. der relativen Geschwindigkeiten der kleinsten Theile für unvermeidlich.

1) A. a. O. S. 16.

2) Ueber *die physikalische und philosophische* Atomenlehre. Leipzig 1855, *S. 205 u. f.*

In dem Falle, dafs wir die Meinung Fechner's theilen, bleibt die Gleichung (IV) die einzige zu erfüllende Bedingung; schliefsen wir uns dagegen der ersteren Ansicht an, und betrachten somit die bewegenden Kräfte φ, φ', φ'', ... als unabhängig von den relativen Geschwindigkeiten $\frac{dr}{dt}$, $\frac{dr'}{dt}$, $\frac{dr''}{dt}$, ..., so gelangen wir wiederum zu den Gleichungen (VI), jedoch mit dem Unterschiede, dafs jene Kräfte jetzt nicht mehr Functionen je eines der Abstände r, r', r'', ... sondern von mehren derselben zugleich abhängig seyn sollen.

Wollte man ferner die lebendige Kraft eines Systems, auf welches keine äufsere Kräfte wirken, als eine absolut constante, d. h. von der augenblicklichen Aenderung seiner Theile unabhängige Gröfse ansehen, so würden die Differentialcoëfficienten $\frac{dR}{dr}$, $\frac{dR}{dr'}$, $\frac{dR}{dr''}$, ... verschwinden und mithin auch

$$\varphi\frac{dr}{dt}+\varphi'\frac{dr'}{dt}+\varphi''\frac{dr''}{dt}+\ldots.=0$$

werden. Es liegt auf der Hand, dafs diefs mit Kräften, welche von den relativen Geschwindigkeiten unabhängig seyn sollen, nicht vereinbar ist.

Was endlich die weiter oben erwähnte Begründung des Dogma's von der Erhaltung der lebendigen Kraft und die Unmöglichkeit des *Perpetuum mobile* anbelangt, so ist dieselbe schon insofern unzulässig, als ein solches in gewissem Sinne allerdings möglich ist, wenn wir nämlich die Benuzzung *äufserer veränderlicher* Kräfte gestatten. Mit Hülfe von *inneren* Kräften allein ein *Perpetuum mobile* herzustellen würde aber auch dann unmöglich seyn, wenn in der Natur statt der Gleichung (VI) die Ungleichung

$$\left(\varphi-\frac{dR}{dr}\right)\frac{dr}{dt}+\left(\varphi'-\frac{dR}{dr'}\right)\frac{dr'}{dt}+\left(\varphi''-\frac{dR}{dr''}\right)\frac{dr''}{dt}+\ldots<0$$

stattfände, während sich aus letzterer die Erhaltung der lebendigen Kraft *nicht* herleiten läfst; denn es ist dann, in-

dem wir

$$\left(\varphi - \frac{dR}{dr}\right)\frac{dr}{dt} + \left(\varphi' - \frac{dR}{dr'}\right)\frac{dr'}{dt'} + \ldots + F = 0$$

setzen, F eine jedenfalls positive Gröfse, und

$$\int(\varphi\,dr + \varphi'\,dr' + \ldots) = \tfrac{1}{2}\Sigma mv^2 \pm C$$
$$= R - \int F\,dt,$$

also die lebendige Kraft:

$$\Sigma mv^2 = 2R \mp 2C - 2\int F\,dt,$$

d. i., abgesehen von den periodischen Aenderungen, eine im Verlauf der Zeit *abnehmende* Gröfse.

Auf vorstehende Sätze und Betrachtungen basirte Untersuchungen über die Natur der Kräfte sind mir bisher noch nicht zu Gesicht gekommen; trotz ihres hohen Interesses beabsichtige ich auch nicht, hier dergleichen zu liefern, da sie nur dann von Werth seyn können, wenn sie recht viele, wo möglich alle bekannte Naturkräfte umfassen. Es lag mir vor der Hand lediglich daran, mir selbst die Consequenzen vor Augen zu führen, welche die von der Mehrzahl der heutigen Physiker adoptirte Verallgemeinerung jenes in den Lehrbüchern der Mechanik schon längst bewiesenen, aber in einem viel beschränkteren Sinne aufgefafsten Lehrsatzes von der Erhaltung der lebendigen Kraft nach sich zieht. Obgleich die von mir aufgefundenen und vorstehend mitgetheilten Resultate ziemlich nahe liegen, dürfte der Umstand, dafs sie demungeachtet nicht selten übersehen worden zu seyn scheinen, und dafs sie eine Tagesfrage betreffen, ihre Veröffentlichung einigermaafsen rechtfertigen.

IV. *Ueber die Polysulfurete des Strontiums und Calciums; von Emil Schöne*[1]).

Im Folgenden erlaube ich mir die Resultate meiner fortgesetzten[2]) Untersuchungen über die Verbindungen des Schwefels mit den Metallen der alkalischen Erden mitzutheilen.

Bevor ich indessen die Verbindungen des Strontiums und Calciums abhandle, habe ich noch einiges zu meiner früheren Arbeit[3]) nachzutragen.

1) Im Auszuge der Berliner Akademie der Wissenschaften mitgetheilt.

2) S. Pogg. Ann. CXII. 193.

3) In dem Journal von Erlenmeyer und Lewinstein, 1861 H. XIV und XV S. 429 ff. befindet sich ein mit *E* unterzeichneter kritischer Bericht über meine frühere Arbeit. In demselben heifst es: »diese orangegelben Krystalle sind von dem Verfasser wiederholt untersucht worden. Aus den Analysen lassen sich verschiedene Formeln ableiten. Die einfachste von diesen $BaS^3 + 6aq$ verwirft der Verfasser und nimmt dafür die etwas weniger einfache $3(BaS\,6HO) + BaS^4HO + 6HO$ als wahren Ausdruck für die Zusammensetzung der orangegelben Krystalle, weil darin zwei Verbindungen vorkommen, die einzeln darstellbar seyen. *Dafs* $BaS^3 + 6HO$ *nicht existirt, hat der Verfasser zu beweisen sich vorgesetzt.*« Es ist mir durchaus unverständlich, wie der Hr. Recensent zu der Behauptung gekommen ist, dafs ich mit dem »Vorsatz« an die Arbeit gegangen sey, kein Disulfuret vom Barium finden zu wollen. Im Gegentheil, wie aus der Arbeit ersichtlich, habe ich, da ich die Angaben von Gay-Lussac und Herschell über die Disulfurete des Strontiums und Calciums als richtig voraussetzte, nach einer analogen Schwefelungsstufe des Bariums gesucht. Indessen beweisen die nach genauen Methoden angestellten Analysen (No. I und II von den angeführten Analysen (S. 216) sind nach Methoden gemacht, von denen an einer anderen Stelle (S. 205) ausdrücklich gesagt ist, dafs sie ungenau seyen), dafs unmöglich Disulfuret in der Verbindung seyn könne, da sonst in drei sehr gut mit einander stimmenden Analysen mehr als 2 und ¼ Proc. Schwefel zu wenig gefunden wären. Da der Schwefel immer aus schwefelsaurem Baryt bestimmt ist, welcher, wie H. Rose neuerdings nachgewiesen hat, trotz der Anwendung von Vorsichtsmafsregeln, im vorliegenden Fall immer in Folge von Verunreinigungen zu schwer gefunden wird, so hätte *eher zu viel* Procent an Schwefel, als zu wenig, gefunden werden müssen.

1. Die durch Schwefelkohlenstoff und Kohlensäure dargestellten Protosulfurete des Bariums, Strontiums und Calciums sind nicht phosphorisch.

2. Das specifische Gewicht des krystallisirten Vierfach-Schwefelbariums ($BaS^4 HO$) habe ich bei 20° C = 2,998 gefunden.

3. Hinsichtlich der Löslichkeit des letzteren ist noch anzugeben, dafs 1 Theil desselben 2,42 Theile Wasser bei 15° C. zur Lösung braucht.

Strontiumpolysulfurete.

1. Vierfach-Schwefelstrontium.

a) $SrS^4 + 6HO$.

I. 40 Grm. Schwefelstrontium (aus Strontianit vermittelst Schwefelkohlenstoff und Kohlensäure dargestellt[1]) wurden mit 32 Grm. Schwefel (d. i. 1 Aeq. SrS mit 3 Aeq. S) gemischt, und mit Wasser gekocht und die filtrirte Lö-

Wenn Hr. E. sagt, dafs aus den Analysen sich verschiedene Formeln ableiten lassen, so mufs ich dieſs durchaus in Abrede stellen, denn ich kann nicht zugeben, dafs ein Unterschied von beinahe 3 Proc. zwischen dem theoretisch geforderten und dem empirisch gefundenen Schwefelgehalt bei einer Formelaufstellung ganz zu vernachlässigen ist. Oder aber, zieht Hr. E. die Richtigkeit meiner Analysen in Zweifel? Dieſs scheint beinahe so, da auch die Vermuthung ausgesprochen ist, dafs es mir nicht gelungen sey, ein reines Individuum darzustellen. Hierauf kann ich nun freilich dem Hrn. Kritiker nicht eher etwas erwidern, als bis er im Laboratorium meine Versuche nachgemacht und mir experimentell eine Unrichtigkeit nachgewiesen hat. Ich kann mich nicht veranlafst finden, irgend etwas an der von mir aufgestellten Formel zu ändern. Eben so gut, wie ein Tetrasulfuret mit dem zugehörigen Oxyd zusammenkrystallisiren kann, wie dieſs in der gegenwärtigen Arbeit beim Strontium und Calcium nachgewiesen ist, ja noch viel eher wird es sich mit dem zugehörigen Protosulfuret verbinden. In der That ist die von mir aufgestellte Formel für die in Rede stehende Bariumverbindung mit der den Herschel'schen Krystallen zukommenden ganz analog, gewissermafsen nach demselben Typus (natürlich abgesehen von dem Krystallwasser). Bei der ersteren ($3\,BaS\,BaS^4 + 25\,HO$) verbinden sich 3 Aeq. Protosulfuret mit 1 Aeq. Tetrasulfuret, bei der letzteren ($3\,CaO\,CaS^4 + 12\,HO$) aber 3 Aeq. Protoxyd mit 1 Aeq. Tetrasulfuret. Im Uebrigen verweise ich *auf meine Arbeit selbst.*

1) S. Pogg. Ann. CXII. 193.

sung unter die Luftpumpe gebracht. Nach 10 Tagen, nachdem seit 5 Tagen nichts mehr verdunstet war, stellte die Masse einen steifen rothen Syrup dar, welcher 106,4 Grm. wog. Die Luftpumpe befand sich während dieser Zeit in einer Temperatur von 12° bis höchstens 16° C.

Nimmt man an, dafs von den 72 Grm. der Mischung von Schwefel und Schwefelstrontium etwa 2 Grm. (durch Filtriren usw.) verloren gegangen sind, so sind in dem Syrup 70 Grm. SrS^4 und 36,4 Grm. Wasser, oder 65,79 Proc. SrS^4 und 34,21 Proc. HO.

II. 8 Lth. Schwefelstrontium (aus reinem, gefälltem, kohlensaurem Strontian vermittelst Schwefelkohlenstoff und Kohlensäure dargestellt) wurden mit 6,4 Lth. Schwefel und Wasser gekocht, filtrirt und im Vacuum verdunstet. Nach 5 Tagen bei einer Durchschnittstemperatur von 15° C. verdunstete nichts mehr; nach weiteren 2 Tagen, während welcher Zeit die Temperatur auf etwa 5° C. gesunken war, war der Syrup zu einer gelblich rothen, strahlig krystallinischen Masse erstarrt. Dieselbe wog 21,32 Lth. Angenommen, 0,2 Lth. der angewandten Mischung seyen verloren gegangen, so sind in der resultirten Substanz 14,2 Lth. SrS^4 und der Rest von 7,12 Lth. ist Wasser. Die erstarrte Masse besteht also aus 66,6 Proc. SrS^4 und 33,4 Proc. HO.

In 100 Theilen sind:

		Berechnet	Gefunden I	Gefunden II
SrS^4	1 = 107,85	66,64	65,79	66,60
HO	6 = 54	33,36	34,21	33,40
	161,85	100,00	100,00	100,00

Der Syrup oder die bei 5° C. erstarrte Masse ist also $SrS^4 + 6\,HO$.

Ich lasse hier gleich die Analyse von Krystallen derselben Zusammensetzung folgen, deren Darstellung ich unten angeben werde.

III. 1,486 Grm. derselben wurden in wäfsriger Lösung *mit Chlor* behandelt[1]). Das Unlösliche wog 0,859 Grm.,

[1]) *S. Pogg. Ann.* CXII. 205.

worin 0,148 Grm. freier S und 0,711 Grm. $SrO\,SO^3$. Durch Alkohol fiel noch 0,114 Grm. $SrO\,SO^3$, durch $BaCl$ 2,003 Grm. $BaO\,SO^3$.

In 100 Theilen sind:

		Berechnet	Gefunden
Sr	1 = 43,85	27,06	26,50
S	4 = 64	39,53	38,14
HO	6 = 54	33,41	—
	161,85	100,00	

Die Krystalle sind $SrS^4 + 6HO$.

Dafs die gefundenen Zahlen kleiner als die berechneten sind, liegt an der stark hygroskopischen Beschaffenheit dieser Verbindung.

Das sechsfach gewässerte Vierfach-Schwefelstrontium wird erhalten, wenn man genau 1 Aeq. Schwefelstrontium mit 3 Aeq. Schwefel in Wasser löst und bei Temperaturen *nicht über* 17° C. im Vacuum verdunstet. Man bekommt es gewöhnlich in Form eines bräunlich rothen Syrups, der indessen bei etwa 8° C. zu einer strahlig krystallinischen, gelblich rothen Masse erstarrt. Die erstarrte Masse schmilzt erst wieder bei 25° C. Man kann dieses Vierfach-Schwefelstrontium auch in schön ausgebildeten, prismatischen Krystallen erhalten, wenn man eine nicht zu geringe Menge des unten zu beschreibenden $SrS^4 + 2HO$ in eine Flasche legt, darüber den Syrup von der Zusammensetzung $SrS^4 + 2HO$ gieſst und darauf endlich vorsichtig eine, jedoch nur sehr geringe, Schicht von Wasser bringt; in dem verschlossenen Glase wachsen dann bei einer Temperatur von nicht viel über 0° auf der am Boden liegenden festen Masse schöne, grofse, orangegelbe, durchsichtige, prismatische Krystalle an (analysirt unter III). Wenn man den Syrup von der Zusammensetzung $SrS^4 + 6HO$ mit sehr wenig Wasser verdunstet, so kann man dieselben Krystalle auch durch starke Temperaturerniedrigung (— 20° bis 30°) erhalten, jedoch nur sehr schwierig. Diese Verbindung ist sowohl in fester wie flüssiger Form *sehr stark* hygroskopisch, sie nimmt *einer feuchten Wasserstoffatmosphäre* ausgesetzt mehr als

ihr eigenes Gewicht an Wasser auf. Wird der Syrup erwärmt, so wird er dünnflüssiger und entwickelt etwas Schwefelwasserstoff. Das letztere scheint indessen nicht eine Eigenthümlichkeit der Strontiumverbindung zu seyn, sondern rührt wahrscheinlich von Calciumpolysulfuret her, welches immer mehr oder weniger das Strontiumpolysulfuret verunreinigt. Bei 100° C. entläfst dieses Vierfach-Schwefelstrontium 4 Aeq. Wasser, zurückbleibt eine feste gelbe Masse von der Zusammensetzung $SrS^4 + 2HO$ (siehe unten). Die Lösung des $SrS^4 + 6HO$ in Wasser zeigt auf Zusatz von Manganchlorür keine Schwefelwasserstoffentwicklung, wohl aber auf Zusatz von Säuren unter massenhafter Abscheidung von Schwefel. Durch Vermischen mit Alkohol wird ein gelber schleimiger Niederschlag erzeugt, welcher vielleicht $SrS^2 + 2HO$ ist; Krystalle sind vermittelst Alkohol nicht zu erhalten. Die atmosphärische Luft verhält sich gegen die Lösung, wie gegen die der übrigen Polysulfurete, d. h. es entsteht unterschwefligsaurer Strontian, während sich Schwefel und etwas kohlensaurer Strontian ausscheiden. Unter gewissen Umständen ist die Einwirkung jedoch etwas anders (siehe unter *c*)). Wird das feste $SrS^4 + 6HO$ in nicht absolut luftdichten Gefäfsen aufbewahrt, so nimmt es anfangs eine immer dunklere Farbe an, was daher rührt, dafs es sich zum Theil in ein Oxypolysulfuret verwandelt, welches ich weiter unten erwähnen werde. Durch weitere Einwirkung der Atmosphäre färbt es sich dann — in Folge von Oxydation — allmählich weifs.

b) $SrS^4 + 2HO$.

Das Vierfach-Schwefelstrontium bleibt mit diesem Wassergehalt zurück, wenn das vorige bei 100° erhitzt wird. Aufserdem scheidet es sich, wenn der Syrup von der Zusammensetzung $SrS^4 + 6HO$ unter der Luftpumpe bei einer Temperatur *über* 17° C., am besten bei 20° bis 25° C. weiter concentrirt wird, sehr allmählich als hellgelbe Masse *aus, die sich zu* Warzen ordnet. Häufig bekommt man *unter der Luftpumpe* eine übersättigte Lösung; giefst man

dieselbe in eine Flasche und läfst sie verschlossen stehen, so wachsen nach einigen Tagen die Warzen in der Flüssigkeit in ähnlicher Weise an, wie die Korallen im Meere.

Von der so erhaltenen Substanz wurden folgende Analysen gemacht.

I. 0,247 Grm. (vor der Wägung bei 100° getrocknet) wurden in einem Porcellantiegel unter Wasserstoff geglüht; es blieb 0,115 Grm. reines Einfach-Schwefelstrontium zurück.

II. 0,713 Grm. wurden in wäfsriger Lösung mit Chlor behandelt. Unlöslich blieben 0,4017 Grm. $SrO\,SO^3$, worin kein freier S war; durch Alkohol fiel 0,100 Grm. $SrO\,SO^3$, durch BaCl 2,067 Grm. $BaO\,SO^3$.

III. In 0,8703 Grm. wurde nach Art der Elementaranalyse[1]) das Wasser bestimmt. Die Chlorcalciumröhre absorbirte 0,116 Grm.

Es sind in 100 Theilen:

		Berechnet	Gefunden I	II	III	Mittel
Sr	1 = 43,85	34,91	34,14	33,59	—	33,87
S	4 = 64	50,79	—	52,21	—	52,21
HO	2 = 18	14,30	—	—	13,33	13,33
	125,85	100,00				99,41

Das zweifach gewässerte Vierfach Schwefelstrontium ist eine hellgelbe, warzenförmige Masse, die im Uebrigen dieselben Eigenschaften hat, wie das mit 6 Aeq. Wasser versehene, nur dafs es noch stärker Wasser anzieht, wie dieses und dabei zu einem Syrup verfliefst, der weit dunkler ist, als die feste Substanz. Bleibt der Syrup, in dem noch feste Masse suspendirt ist, an der Luft stehen, so entstehen dunkelbraunrothe Krystalle von Oxypolysulfuret. Wird dieses Tetrasulfuret über 100° erhitzt, so zersetzt es sich mit seinem Krystallwasser in ganz ähnlicher Weise, wie das krystallisirte Vierfach Schwefelbarium[2]). Gegen Schwefelkohlenstoff verhält sich dasselbe völlig indifferent.

1) S. Pogg. Ann. *CXII. 206.*
2) *Pogg. Ann. CXII. 239.*

c) $SrO\,SrS^4 + 12\,HO$.

In einer Anmerkung zu einer Arbeit von Herschel giebt Gay-Lussac [1]) an, dafs, als er eine Lösung von Schwefelstrontium an der Luft stehen liefs, er dunkelbraune rhomboëdrische Krystalle bekommen habe. Er hält diese Krystalle für Zweifach Schwefelstrontium [2]).

Ich suchte diese Krystalle darzustellen, zunächst in der schon früher [3]) angedeuteten Absicht zu untersuchen, ob sie nicht der Bariumverbindung von der Zusammensetzung $Ba^4S^7 + 25\,HO$ analog seyen. Folgende Resultate habe ich durch diese Untersuchung erhalten.

Diese Krystalle scheinen nicht ganz in so einfacher Weise, wie Gay-Lussac diefs angiebt, erhalten werden zu können, da es mir trotz mehrfach wiederholter Versuche nicht geglückt ist, sie so leicht, wie Gay-Lussac, zu erhalten. Es bedurfte vielmehr erst der Ermittelung gewisser Umstände, die für die Entstehung dieser Substanz nothwendig zu seyn scheinen. Ich erhielt sie, als ich das wasserhaltige Vierfach-Schwefelstrontium ($SrS^4 + 6\,HO$ oder $SrS^4 + 2\,HO$) an der Luft so lange zerfliefsen liefs, als die dadurch entstandene Flüssigkeit noch nicht zu dünnflüssig wurde. Sie scheiden sich in dem Syrup dann neben anderen helleren Körpern (Oxydationsproducten) aus. Die

1) *Ann. de Chim. et de Phys.* 1820, *XIV.* 362.

2) Die Angabe in dem Lehrbuch von Berzelius (5. Aufl. Bd. II S. 144) über diese Gay-Lussac'sche Verbindung scheint nicht ganz richtig zu seyn. Daselbst ist von gelben prismatischen Krystallen die Rede, welche Disulfuret seyn sollen. In der citirten Anmerkung von Gay-Lussac ist die Verbindung als dunkelbraunrothe Rhomboëder (*rhomboïdaux d'une couleur rouge brun foncé*) beschrieben. Es wäre möglich, dafs das von Berz. über das Disulfuret Angeführte sich auf eine anderweitige Angabe Gay-Lussac's bezöge. Ich habe aber nichts weiter darüber finden können. Allerdings entstehen in einer Lösung, welche weniger als 3 Aeq. Schwefel auf 1 Aeq. Schwefelstrontium enthält, prismatische Krystalle; dieselben sind aber, wie ich mich überzeugt habe, nichts Anderes als Strontianhydrat, welches in der Polysulfuret und Sulfhydrat enthaltenden Flüssigkeit nur gelb erscheint. (Aus Berzelius Lehrbuch *ist diese irrthümliche* Angabe auch in andere Lehrbücher übergegangen.)

3) *Pogg. Ann. CXII.* 220.

letzteren verunreinigen sie indessen so, dafs es schwierig ist, sie davon zu reinigen. Besser erhielt ich sie, als ich den Syrup von der Zusammensetzung $SrS^4 + 6HO$ mit starkem Alkohol vermischte, die klare Flüssigkeit von dem schleimigen Niederschlag möglichst abgofs und in einem nur unvollkommen verschlossenen Gefäfs stehen liefs. Von den auf die letztere Art erhaltenen Krystallen sind folgende Analysen gemacht.

I. 0,4795 Grm. wurden in wäfsriger Lösung mit Chlor behandelt. Unlöslich blieb 0,2293 Grm., worin 0,0016 Grm. freier S waren. Durch Alkohol fielen noch 0,0956 Grm. $SrO\,SO^3$, durch BaCl 0,462 Grm. $BaO\,.\,SO^3$.

II. 0,3564 Grm. ebenso behandelt hinterliefsen 0,1655 Grm. Unlösliches, worin 0,1505 Grm. $SrO\,.\,SO^3$ und 0,015 Grm. freier S waren. Durch Alkohol fielen noch 0,095 Grm. $SrO\,.\,SO^3$, durch BaCl 0,228 Grm. $BaO\,.\,SO^3$.

III. 0,251 Grm. wurden unter Wasserstoff geglüht; zurückblieb 0,118 Grm. reines SrS.

IV. In 0,461 Grm. wurde nach Art der Elementaranalyse das Wasser = 0,1777 Grm. bestimmt.

In 100 Theilen sind:

		Berechnet	Gefunden				
			I	II	III	IV	Mittel
Sr	2 = 87,70	32,76	32,20	32,88	34,42	—	33,17
S	4 = 64	23,91	25,29	25,00	—	—	25,15
HO	12 = 108	40,35	—	—	—	38,55	38,55
O	1 = 8	2,98	—	—	—	—	3,13
	267,70	100,00					100,00

Die Formel ist also $SrO\,.\,SrS^4 + 12HO$.

Ich halte es für nöthig noch Einiges zur Rechtfertigung dieser Formel anzuführen und Einwänden, die möglicherweise gegen sie erhoben werden könnten, entgegenzutreten.

Die Analysen haben als unzweifelhaft ergeben, dafs auf 2 Aeq. Strontium 4 Aeq. Schwefel und 12 Aeq. Wasser in der Substanz vorhanden sind. Vernachlässigt man den im

Mittel gefundenen Verlust von 3,13 Proc., so würde sich die sehr einfache Formel $SrS^2 + 6HO$ für die Krystalle ergeben und Gay-Lussac's Ansicht über die Constitution dieser Verbindung würde bestätigt seyn. Indessen kann ich zunächst nicht zugeben, dafs ich bei den Analysen den verhältnifsmäfsig grofsen Verlust von mehr als 3 Proc. gehabt habe. Die Krystalle verwittern allerdings mit der Zeit, aber so langsam, dafs diefs auf die Analyse keinen so bedeutenden Einfluſs ausüben kann. Zudem sind die Analysen unmittelbar nach der Gewinnung der Proben angestellt. Rühren also die 3,13 Proc. von nicht bestimmbarer, aber in der untersuchten Verbindung vorhandener Substanz her, so wird dieselbe nichts Anderes seyn können, als Sauerstoff [1]). Es läfst sich nachweisen, dafs dieser Sauerstoff nicht an Schwefel gebunden ist, also mufs er an Strontium gebunden seyn, d. h. die Substanz ist eine Verbindung von Strontian mit Strontiumpolysulfuret. Es geht diefs auch daraus hervor, dafs bei Behandlung der Krystalle mit wenig Wasser eine gelbe Lösung entsteht, während ein weifser flockiger, schwerer löslicher Körper, welcher Strontianhydrat ist, zurückbleibt. Da in der gelben Lösung kein Sulfhydrat nachzuweisen ist, so ist klar, dafs diese Strontianerde in der Verbindung als solche vorhanden ist. Aber wenn sich auch Strontianerde als solche in der Verbindung befindet, so ist es noch nicht aufser Zweifel, dafs die Krystalle gerade die oben angegebene Formel haben; sondern es lassen sich, je nachdem man verschiedene Schwefelungsstufen darin annimmt, verschiedene Formeln aufstellen, die alle genügend zu den durch die Analyse gefundenen Zahlen stimmen. Um festzustellen, welches Polysulfuret in den Krystallen ist, wäre es nöthig dieselben mit Salzsäure zu zersetzen und zu bestimmen, in welchem Verhältnifs der dadurch abgeschiedene freie Schwefel zu dem als Schwefelwasserstoff verflüchtigten steht. Da indessen die Ausbeute von dieser Substanz — wenigstens im reinen Zustande — jedesmal eine so geringe *(ich bekam niemals ein volles Grm.)* war, so war ich nicht

1) Vgl. Pogg. Ann. CXII. 200. und 207.

ntasulfurete erhalten [1]) und zwar ist das Tetrasul
ie ausgezeichnetste auf nassem Wege zu erhaltende
elungsstufe, während die Pentasulfurete sich auf das
te in Tetrasulfuret und freien Schwefel zersetzen.
ber insbesondere für die Gegenwart von Tetrasul-
i diesen rothbraunen Krystallen spricht, ist, dafs ganz
e Oxypolysulfurete vom Calcium existiren, von denen
hgewiesen habe, dafs sie Vierfach-Schwefelcalcium
n [2]). Die in Rede stehende Strontiumverbindung
der That Eigenschaften, welche denjenigen der Cal-
bindungen von der Zusammensetzung 4 CaO . CaS⁴
O und 3 CaO . CaS⁴ + 12 HO ganz analog sind
Verhalten gegen Wasser usw.). Hiernach dürfte es
aum zweifelhaft seyn, dafs in den rothbraunen Kry-
wirklich Vierfach-Schwefelstrontium steckt und dafs
rmel für dieselben SrO . SrS⁴ + 12 HO ist. Wenn
ll, kann man die Formel auch SrO.10 HO + SrS⁴ 2 HO
en, und sie ist dann als eine Doppelverbindung des
merdehydrats mit dem unter *b*) beschriebenen SrS⁴
) zu betrachten.

ses Oxypolysulfuret des Strontiums entsteht, wenn eine

verdünnteren Lösungen habe ich die Verbindung nicht erhalten können, und läfst man den Sauerstoff der Luft ungehindert einwirken, so geht die Oxydation weiter und man erhält unterschwefligsauren Strontian neben Schwefel. Am besten verfährt man, wie angegeben, indem man die festen Hydrate von Vierfach-Schwefelstrontium an der Luft zerfliefsen läfst, und, wenn eine ziemliche Menge der rothen Krystalle entstanden ist, die Einwirkung der Luft aufhören läfst; oder indem man eine alkoholische Lösung des Tetrasulfurets einer langsamen Einwirkung der Luft aussetzt. Der Prozefs, der hierbei vor sich geht, scheint derart zu seyn, dafs der Sauerstoff sich mit 1 Aeq. Strontium verbindet, und dabei die 4 Aeq. Schwefel, mit denen dasselbe verbunden war, deplacirt. Es bildet sich Strontianerde, die sich mit unangegriffenem Tetrasulfuret zu Oxytetrasulfuret vereinigt, während sich die frei gewordenen 4 Aeq. Schwefel in dem überschüssigen Tetrasulfuret auflösen.

Im Glaskölbchen erhitzt geben die Krystalle Wasser, Schwefelwasserstoff und Schwefel ab; es bleibt eine weifse Masse zurück, welche Schwefelstrontium, schwefelsauren und, wie es scheint, schwefligsauren Strontian enthält.

In Wasser lösen sich die Krystalle nicht unzersetzt auf; es entsteht zwar eine gelbe Flüssigkeit, zugleich scheidet sich aber ein weifser, schwerlöslicher, flockiger Körper aus, welcher Strontianerdehydrat ist und sich auf Zusatz von mehr Wasser ebenfalls löst; der wäfsrige Auszug reagirt alkalisch. In absolutem Alkohol, Aether und Schwefelkohlenstoff sind die Krystalle unlöslich. Salzsäure entwickelt aus ihnen Schwefelwasserstoff unter Ausscheidung von Schwefel. Bei der Behandlung mit einer salzsauren Lösung von arseniger Säure entsteht ein gelber Niederschlag, ohne dafs sich dabei schweflige Säure entwickelt oder dafs in der von dem Niederschlag abfiltrirten Flüssigkeit, auch nach Behandlung mit Chlor, durch Chlorbarium eine Trübung entsteht.

Die Krystalle sind wunderschön rubinroth und durchsichtig; sie stellen einfache Rhomboëder dar. Es war mir nicht vergönnt, dieselben zu messen, da ich vorzog die ge-

inge Menge reiner Substanz, die ich erhielt, zur chemischen nalyse zu verwenden.

2. Fünffach-Schwefelstrontium.

Das Vierfach-Schwefelstrontium löst, wie das Vierfach-chwefelbarium, noch Schwefel auf, und zwar enthält eine alte mit Schwefel gesättigte Lösung auf 1 Aeq. Strontium enau 5 Aeq. Schwefel (Berzelius). In der Kochhitze st dieses Fünffach-Schwefelstrontium noch mehr Schwefel uf, der sich beim Erkalten als Schwefel wieder ausscheidet.

Wenn eine Lösung von Fünffach-Schwefelstrontium un-r der Luftpumpe concentrirt wird, so verhält sie sich doch anz analog derjenigen von Fünffach-Schwefelbarium. Es t allerdings nicht so augenfällig wie bei dem letzteren, afs eine Spaltung in Tetrasulfuret und Schwefel eintritt, as in der geringen Krystallisationsfähigkeit des Vierfach-chwefelstrontiums seinen Grund hat. Indessen läfst es ich nachweisen, dafs aus der Lösung von Strontiumpenta-ulfuret nicht das letztere sich ausscheidet, sondern dafs er feste Rückstand, welchen man erhält, eine Mischung on 1 Aeq. Tetrasulfuret mit 1 Aeq. Schwefel ist. Diefs eweist folgender Versuch.

Eine mit Schwefel kalt gesättigte Lösung von Schwefel-trontium wurde unter der Luftpumpe bei einer Temperatur on etwa 20° C. bis völlig zur Trockne verdunstet. Der ückstand war eine hellgelbe, nicht krystallinische Masse, ie im höchsten Grade hygroskopisch war. Dieselbe wurde ein gepulvert, längere Zeit bei 100° C. getrocknet, und ine gewogene Probe in einem zuzustöpselnden Fläschchen o lange mit Schwefelkohlenstoff ausgesüfst, als sie noch n Gewicht verlor. Der Schwefelkohlenstoff wurde in ei-nem gewogenen Porcellantiegel verdunstet und der zurück-leibende Schwefel gewogen. 2,584 Grm. auf diese Weise ehandelt gaben einen Rückstand von 2,301 Grm.; der durch Schwefelkohlenstoff ausgezogene Schwefel wog 0,296 Grm. Danach ist in 100 *Theilen:*

			Berechnet	Gefunden
$SrS^4\,2HO$	1 =	125,85	88,72	89,05
S	1 =	16	11,28	11,46
		141,85	100,00	100,51

Der Schwefel, welcher aus dem von der Lösung des Pentasulfurets gebliebenen Rückstand durch Schwefelkohlenstoff ausgezogen wird, ist jedenfalls als *freier* Schwefel in der Substanz vorhanden. Wie der obige Versuch zeigt, ist durch Schwefelkohlenstoff 1 Aeq. Schwefel auf 1 Aeq. $SrS^4 + 2HO$ (denn dafs der von Schwefelkohlenstoff unangegriffene Rückstand diese Verbindung seyn mufs, geht aus dem unter *c*) Gesagten hervor) aus der Masse ausgezogen, dieselbe ist ein einfaches Gemenge von $SrS^4 + 2HO$ und freiem Schwefel.

Hierdurch ist die Analogie in dem Verhalten der Lösung von Fünffach-Schwefelstrontium und derjenigen von Fünffach-Schwefelbarium nachgewiesen. Der einzige Unterschied ist der, dafs das Tetrasulfuret des Strontiums sich mit 2 Aeq. Wasser ausscheidet, während das des Bariums nur eines enthält.

Also Fünffach-Schwefelstrontium existirt nur in Lösung. Beim Abdampfen derselben spaltet es sich in Tetrasulfuret und freien Schwefel. Derselbe ist α Schwefel.

Wenn die Lösung von Fünffach-Schwefelstrontium zur Trockne verdunstet wird, so stellt sich manchmal bei gröfserer Concentration eine Schwefelwasserstoffentwicklung ein. Dieselbe ist eine Folge von Verunreinigung durch Calciumpolysulfuret.

Versuche, niedrigere Schwefelungsstufen zu erhalten, blieben erfolglos. Wenn man trocknes Einfach-Schwefelstrontium mit Schwefel mengt und erhitzt, so wird der Schwefel zum gröfsten Theil schon unter dem Kochpunkt des Schwefels verflüchtigt, durch Erhitzen bis zum Kochpunkt geht er vollständig fort — ein Beweis, dafs auf trocknem *Wege* überhaupt keine höheren Schwefelungsstufen *existiren*. Aber auf nassem Wege ist es mir nicht

gelungen andere Stufen, als die im Vorstehenden beschriebenen zu erhalten. Mischt man weniger als 3 Aeq. Schwefel mit 1 Aeq. Schwefelstrontium, so erfolgt eine vollständige Lösung nur bei Anwendung von sehr grofsen Mengen Wasser und zwar ist umsomehr Wasser erforderlich, je mehr Schwefelstrontium im Verhältnifs zu Schwefel angewandt ist. Aus allen diesen Lösungen krystallisirt beim Erkalten Strontiumerdehydrat, während in der Lösung Sulfhydrat ist. Diefs hat seinen Grund darin, dafs der Schwefel nur soviel Schwefelstrontium an sich zieht, als zur Bildung von Tetrasulfuret nöthig ist. Der übrigbleibende Theil verhält sich indifferent gegen Schwefel, aber nicht gegen das Wasser, von welchem es in der von H. Rose angegebenen Weise in Oxydhydrat und Sulfhydrat zerlegt wird. Ersteres krystallisirt zum Theil aus, letzteres bleibt in Lösung [1]).

Calciumpolysulfurete.

Ueber die Polysulfurete des Calciums waren bis jetzt verhältnifsmäfsig die reichhaltigsten Angaben vorhanden. Dafs auf trocknem Wege keine höheren Schwefelungsstufen des Calciums zu erhalten sind, war schon längst bekannt. Es geht diefs aus den 1817 von Vauquelin [2]) mitgetheilten Versuchen hervor. Was die auf nassem Wege zu erhaltenden Polysulfurete betrifft, so beobachtete zuerst Buchner [3]) 1816 zufällig erhaltene orangegelbe Krystalle, welche Döbereiner für eine Verbindung von Kalk, Schwefelwasserstoff und Schwefel erklärte und welche 1818 Buchholz und Brandes [4]) analysirten, ohne indessen eine Formel für sie aufzustellen. Diese Krystalle wurden von Bernhardi krystallographisch bestimmt. Darauf beschrieb Herschell [5])

1) Vgl. die Versuche 1, 2 u. 3 S. 74 ff.
2) *Ann. de Chem. et de Phys. VI.* 36. *et* 45.
3) Schweigger, Journ. für Chem. u. Phys. XVI. 397.
4) Ebendaselbst XXII. 43.
5) *The Edinb. Philosoph. Journ. I.* 8. oder *Ann. de Chim. et de Phys. XIV. 353.*

1820 auf andere Art erhaltene, äufserlich den Buchnerschen ähnliche Krystalle, welche er nach seinen Analysen für eine Verbindung von 2 At. Kalk mit 1 At. Zweifach-Schwefelwasserstoff und 4 At. Wasser ($2CaO + HS^2 + 4HO$) hält [1]). Die letzte Angabe von einer hieher gehörigen Verbindung rührt aus dem Jahre 1842 von H. Rose [2]) her. Derselbe erhielt wieder auf anderem Wege, wie Herschell, Krystalle, die indessen den bisher angegebenen im Aeufsern ähnlich waren. Aus seinen Analysen leitete H. Rose für diese Krystalle die Formel ($CaS^5 + 5CaO + 20HO$) her. Aufserdem hat Berzelius festgestellt, dafs die mit Schwefel gesättigte Lösung des Schwefelcalciums Quintisulfuret enthält.

Es liegt nahe zu vermuthen, dafs die von Buchner, Buchholz und Brandes, Herschell und H. Rose auf verschiedenen Wegen erhaltenen, in der äufserlichen Erscheinung ähnlichen Krystalle eine einzige chemische Verbindung darstellten, zumal die angegebenen Analysen zum Theil eine genügende Uebereinstimmung zeigen. Daher wirft Gmelin in seinem Lehrbuch [3]) auch alle diese Verbindungen zusammen und giebt ihnen die von H. Rose vorgeschlagene Formel ($5CaO.CaS^5 + 20HO$). Einestheils um zu untersuchen, ob diese Ansicht von Gmelin durch den Versuch bestätigt würde, anderntheils weil anderweitige früher unbekannte Umstände [4]) darauf hindeuteten, dafs diese Verbindungen eine andere Schwefelungsstufe enthielten, als von Herschell und H. Rose angenommen worden war — unternahm ich eine Revision dieser verschieden darstellbaren

1) Auch über diese Verbindung befindet sich in dem Lehrbuch von Berzelius (5. Aufl. II. 151.) und in Folge davon auch in anderen eine irrthümliche Angabe. Berzelius spricht dort von einem Zweifach-Schwefelcalcium ($CaS^2 + 3HO$), während in der Originalabhandlung selbst eine ganz andere Formel $2L + (2S + H) + 4W$ steht und während aus den daselbst angegebenen Analysen als ganz unzweifelhaft hervorgeht, dafs das Atomenverhältnifs $CaO ; S = 1 : 1$ ist.

2) Pogg. Ann. LV. 433. bis 437.

3) 4. Aufl. II. 195. u. 196.

4) *Dahin gehört vor* Allem, dafs nicht das Pentasulfuret die ausgezeichnetste *Schwefelungsstufe* dieser Metalle ist, sondern das Tetrasulfuret.

Krystalle. Im Folgenden werde ich berichten, was diese Revision ergeben hat; doch mufs ich einige allgemeinere Versuche vorausschicken.

α) Versuche, welche Schwefelungsstufen des Calciums auf nassem Wege zu erhalten sind.

Aus dem über die Barium- und Strontiumverbindungen Berichteten geht hervor, dafs von diesen Metallen nur zwei höhere Schwefelungsstufen aus (resp. in) Lösungen zu erhalten sind, nämlich das Tetra- und Pentasulfuret. Wenn Schwefelbarium mit weniger als 3 Aeq. Schwefel in wäfsrige Lösung gebracht wurde, so enthielt die Lösung weiter nichts als Tetrasulfuret und eine entsprechende Menge Protosulfuret [1]), d. i. diese beiden Verbindungen krystallisirten aus. Wurde Schwefelstrontium mit weniger als 3 Aeq. in Wasser gelöst, so befand sich ebenfalls Tetrasulfuret in Lösung, während das überschüssig vorhandene Protosulfuret sich in Sulfhydrat und Oxydhydrat zerlegt hatte. Nur wenn 3 Aeq. Schwefel auf 1 Aeq. der Protosulfurete angewandt war, erhielt man die Lösung eines reinen, für sich krystallisirbaren Polysulfurets; es war kein niedrigeres, als das Tetrasulfuret zu erhalten.

Die nächste Aufgabe war, zu untersuchen, ob das Calcium sich ebenso, wie seine verwandten Metalle verhalte. Eine Schwierigkeit hiebei lag in dem Umstand, dafs Lösungen von Calciumpolysulfureten beim Abdampfen, soweit ich ermitteln konnte, unter keinen Umständen reine Polysulfurete krystallinisch ausscheiden, oder auch nur schliefslich als feste Masse zurücklassen. Vielmehr zersetzt sich das Wasser mit dem Polysulfuret, es entweicht Schwefelwasserstoff und es scheidet sich eine feste Masse aus, welche ein Gemenge von Kalkhydrat, Schwefel und Schwefelcalcium ist. Ich versuchte daher einen anderen Weg, die vermuthete Analogie zwischen Calcium und den beiden anderen

1) In *einem besonderen Falle erhält man* aufserdem eine Doppelverbindung *von Proto- und Tetrasulfuret. Siehe* Pogg. Ann. CXII. 215. ff.

Erdalkalimetallen nachzuweisen. Ich machte folgende Versuche.

1. 9 Grm. Schwefelcalcium (ebenso wie bei den folgenden Versuchen aus reinem, künstlich durch Fällung bereitetem, kohlensaurem Kalk durch Schwefelkohlenstoff und Kohlensäure dargestellt) wurden mit 4 Grm. Schwefel (d. i. von jedem 1 Aeq.) und Wasser gekocht und die Lösung auf etwa 150 bis 200 CC. concentrirt. Es gingen sehr bedeutende Mengen von Schwefelwasserstoff während des Kochens fort und es blieb ein weifser (durch Schwefeleisen) etwas grünlich gefärbter Rückstand in der hellgelben Flüssigkeit zurück. Auf diesem Rückstand waren noch 24 Stunden lang dünne, gelbe Krystalle [1]) angewachsen. Nachdem die letzteren durch Erwärmen wieder zerstört waren, wurde der Rückstand auf einem gewogenen Filter abfiltrirt, mit Wasser so lange ausgewaschen, bis das Waschwasser farblos war, und gewogen. Er wog 3,54 Grm. und bestand aus Kalkhydrat mit sehr geringen Mengen von Schwefelcalcium und kohlensaurem Kalk. In der gelben Lösung liefs sich durch Mangansulfatlösung grofse Mengen von Calciumsulfhydrat nachweisen.

2. 9 Grm. Schwefelcalcium und 8 Grm. Schwefel (d. i. in Aeq. wie 1 : 2) wurden, wie oben, behandelt und die Lösung auf etwa 300 CC. eingedampft. Der Geruch nach Schwefelwasserstoff trat auch hier, wiewohl schwächer, als beim vorigen auf. Die Flüssigkeit war intensiver gefärbt und enthielt, durch Mangansulfatlösung geprüft, ebenfalls Sulfhydrat, aber weniger, wie die vorige. Es entstanden dieselben Krystalle, wie unter 1. Der Rückstand, dieselben Bestandtheile wie der vorige enthaltend, wog 1,44 Grm.

3. 9 Grm. Schwefelcalcium und 12 Grm. Schwefel (1 Aeq. CaS auf 3 Aeq. S) wurden ebenso behandelt und auf 250 CC. concentrirt. Anfangs rochen die Wasserdämpfe nur nach Schwefel [2]), bei gröfserer Concentration aber trat

1) Diese Krystalle sind die unter *c*) beschriebene Verbindung.

2) *Es ist unzweifelhaft*, dafs mit den Wasserdämpfen Schwefel verflüchtigt *wird, selbst* aus seinen Verbindungen in Polysulfureten. Die Be-

der Geruch nach Schwefelwasserstoff, doch immer nur schwach, ein. Es liefsen sich keine Krystalle, wie bei den vorigen Versuchen, bemerken. Der grünliche Rückstand war nur gering, die Flüssigkeit noch intensiver gefärbt als bei Versuch 2. Der Rückstand wog 0,125 Grm., geglüht 0,10 Grm. In der Lösung liefsen sich nur Spuren von Sulfhydrat nachweisen.

Die bei obigen Versuchen gefundenen Zahlen sowie das sonstige Verhalten zeigen, dafs bei der Einwirkung des Wassers auf die oben näher bezeichneten Gemische von Schwefelcalcium und Schwefel Prozesse nach folgendem Schema vor sich gehen (ich bringe der Uebersichtlichkeit wegen bei allen drei Formeln gleiche Mengen Schwefelcalcium in Rechnung):

a) $6S + 6CaS + 4HO = 2CaS^4 + 2CaS.HS + 2CaO.HO$

b) $12S + 6CaS + 2HO = 4CaS^4 + CaS.HS + CaO.HO$

c) $18S + 6CaS = 6CaS^4$.

Es mufs wiegen:

der Rückstand

Berechnet: aus *a*) 3,09 Grm. aus *b*) 1,54 Grm. aus *c*) 0 Grm.
Gefunden: bei 1) 3,54 Grm. bei 2) 1,44 Grm. bei 3) 0,10 Grm.

Dafs diese Differenzen zwischen den theoretisch geforderten und den durch den Versuch gefundenen Zahlen stattfinden, läfst sich theils aus den Verunreinigungen, welche die Substanzen immerhin noch enthielten, theils aus anderweitigen in der Operation begründeten Umständen erklären. Dafs bei 1) fast $\frac{1}{2}$ Grm. zuviel gefunden wurde, mag einerseits darin liegen, dafs auf einen Theil des Schwefelcalciums das Wasser noch nicht gewirkt haben mochte, andererseits daran, dafs in Folge der Concentrirung der Lö-

treffenden Dämpfe haben einen Geruch, welcher weder dem von Schwefelwasserstoff noch dem Wasserstoffpolysulfid gleicht, wohl aber demjenigen, welchen die Dämpfe des in Glasröhrchen kochenden Schwefels haben. *Auch wirken solche nach Schwefel* riechenden Dämpfe nicht auf *Bleizuckerpapier.*

sung aus dem gelösten Sulfhydrat in der Kochhitze Schwefelwasserstoff ausgetrieben ist, wodurch Schwefelcalcium entstanden ist, welches sich mit Wasser wieder in Sulfhydrat und Oxydhydrat zerlegt hat; letzteres hat dann den unlöslichen Rückstand vermehrt.

Dafs trotz dieser Gründe bei Versuch 2) etwa 0,1 Grm. zu wenig Rückstand gefunden ist, findet seine Erklärung darin, dafs die vom Rückstand abfiltrirte Flüssigkeit verhältnifsmäfsig bedeutend verdünnter war, als die vorige, und daher theils etwas von dem Kalkhydrat aufgelöst enthielt, theils der Zersetzung des Sulfhydrats weniger günstig war.

Dafs endlich im Versuch 3) 0,10 Grm. Rückstand erhalten wurden, liegt sicherlich in der geringen Unreinheit der angewandten Substanzen. Auch mag ein geringer Theil des Rückstandes daher rühren, dafs, als die Lösung concentrirter wurde, ein kleiner Theil des Vierfach-Schwefelcalciums angefangen hat, sich mit Wasser zu zersetzen, d. i. unter Ausscheidung von Schwefel, welcher sich in dem Vierfach-Schwefelcalcium sogleich wieder auflöste, Kalkhydrat und Sulfhydrat zu bilden; ersteres schied sich aus, letzteres konnte in der That in geringen Mengen in der Lösung nachgewiesen werden; auch deutet das, wenn auch nur geringe, Auftreten des Schwefelwasserstoffgeruches beim Kochen der concentrirteren Lösung auf eine Anwesenheit, resp. Zersetzung von Sulfhydrat hin.

Aus diesen Versuchen ergiebt sich, *dafs das Calcium mit weniger als vier Aequivalenten Schwefel in Lösung nicht existiren kann.* Werden weniger als 3 Aeq. Schwefel auf 1 Aeq. Schwefelcalcium in Wasser in Berührung gebracht, so bringt der Schwefel nur soviel Schwefelcalcium in Lösung, als nothwendig ist, um Vierfach-Schwefelcalcium zu bilden, der andere Theil des Schwefelcalciums aber verhält sich indifferent gegen den Schwefel, aber nicht gegen das Wasser, mit welchem es sich in der von H. Rose angegebenen Weise in Oxydhydrat und Sulfhydrat zersetzt; *ersteres* scheidet sich zum gröfsten Theil fest aus, letzteres *befindet sich neben* dem Tetrasulfuret in Lösung.

Zugleich ist hierdurch die Analogie der Verbindungen des Schwefels und des Calciums mit denen des Strontiums und Bariums aufser Zweifel gestellt, und bewiesen, dafs es das Tetrasulfuret ist, welches vom Calcium auf nassem Wege zu erzeugen ist. Dieses Vierfach-Schwefelcalcium löst, wie die entsprechenden Verbindungen des Strontiums und Bariums, noch 1 Aeq. Schwefel auf (Berz.), in der Hitze noch mehr, als 1 Aeq.

Leider ist es, wie oben schon angedeutet, nicht möglich aus den Lösungen des Vierfach-Schwefelcalciums krystallisirte Verbindungen zu erhalten, da sich bei gröfserer Concentration das Sulfuret mit dem Wasser zersetzt unter Schwefelwasserstoffentwicklung und gleichzeitiger Abscheidung von Kalkhydrat und Schwefel. Dagegen zeigt das Calciumtetrasulfuret eine noch gröfsere Neigung mit dem Kalk zusammen zu krystallisiren, als das Vierfach-Schwefelstrontium mit dem Strontian, und ich komme jetzt zu den von Buchner, Herschell und H. Rose erhaltenen Krystallen, welche in der That solche Doppelverbindungen von Tetrasulfuret und Kalk sind. Diese Krystalle sind zweierlei Art und ich werde nach ihren Entdeckern die einen Herschell's, die anderen Buchner's *Krystalle* nennen.

b) Herschell's Krystalle.

Herschell giebt an [1]), dafs, wenn man drei Theile Kalk (gebrannten) und ein Theil Schwefel mit zwanzig Theilen Wasser eine Stunde lang kocht und mit dem Unlöslichen zusammen erkalten läfst, nach einigen Tagen orangerothe, nadelförmige Krystalle innerhalb des Bodensatzes und auf demselben entstehen. Er analysirte dieselben, von denen er übrigens angiebt, dafs er sie nicht vollkommen rein hat erhalten können, auf die Weise, dafs er sie durch Salzsäure zersetzte, das durch Erhitzen ausgetriebene Schwefelwasserstoffgas über Quecksilber auffing und dessen Volum bestimmte und den ausgeschiedenen freien Schwefel so wie den *ausgefällten Kalk als* Carbonat wog.

1) The Edinb. philos. Journ. I. 8.

Er erhielt auf diese Weise folgende Zahlen (S_a bezeichnet den im Schwefelwasserstoff vorhandenen, S_b den ausgeschiedenen freien Schwefel):

	I Proc.	II Proc.	III Proc.	Mittel
CaO	42,88	—	—	42,88
S_a	—	9,57	8,99	9,28
S	—	16,39	—	16,39
HO (aus dem Rest)	—	—	—	30,82
H (an S_a gebunden)	—	0,64	0,62	0,63
				100,00

Hieraus leitete er die Formel:

$2L + (2S + H) + 4W$ oder $2\,CaO\,.\,HS^2 + 4\,HO$

her. In 100 Theilen sind:

	Berechnet	Gefunden
CaO	45,04	42,88
HS^2	26,21	26,30
HO	28,75	30,82
	100,00	100,00

Trotzdem diese gegenübergestellten Zahlen eine genügende Uebereinstimmung zeigen, so genügt ein Blick auf das Verhältnifs des in Analyse II gefundenen S_a zu S_b, welches nahezu $= 1 : 2$ ist, um die von Herschell vorgeschlagene Formel in Frage zu stellen. Abgesehen davon, dafs die Schwefelwasserstoffbestimmung in II und III in Folge von in der Operation begründeten Umständen (z. B. ist jedenfalls eine wesentliche Menge atmosphärischer Luft mitgemessen) entschieden zu hoch gefunden ist, so müfste nach diesen Analysen offenbar HS^3 und nicht HS^2 in der Substanz seyn. Dieser Widerspruch reicht allein schon hin, um eine Revision dieses Körpers zu rechtfertigen.

Da nach der Methode von Herschell diese Krystalle nur höchst schwierig und in sehr geringer Menge rein zu erhalten sind, so versuchte ich sie auf andere Weise darzustellen. Es gelang mir indessen nicht, sie anders als *Herschell zu* erhalten. Doch modificirte ich die Methode *insofern, als ich,* statt die Verbindung auf dem Kalk, mit

dem ursprünglich gekocht war, anwachsen zu lassen, die durch Kochen entstandene Lösung möglichst heifs filtrirte und dieses Filtrat auf Kalkhydrat (am besten aus gebranntem Marmor) stehen liefs. Aufserdem wandte ich immer so grofse Mengen (12 bis 16 Pfd. Wasser auf die entsprechenden Antheile Kalk und Schwefel) an, als mir nur möglich war. Es gelang mir hierdurch bei jeder Operation wenigstens so viel vollkommen reine Substanz zu erhalten, als zu einer Analyse nothwendig war. Die auf dem festen Bodensatz freistehenden Krystallnadeln wurden, nachdem die Flüssigkeit abgegossen war, sehr sorgfältig gesammelt, mit kaltem Wasser etwas abgespült und schnell im Vacuum über Schwefelsäure getrocknet. So erhielt ich die Verbindung sehr rein und ziemlich haltbar.

Ich machte folgende Analysen:

I. 0,8903 Grm. wurden in Wasser mit Chlor oxydirt. Der ausgeschiedene Gyps wurde durch Zusatz von Wasser gelöst. 0,013 Grm. S blieben unangegriffen zurück. Der Kalk wurde sodann durch oxalsaures Ammoniak gefällt und als kaustischer Kalk = 0,361 Grm. gewogen. Der durch Chlorbarium aus der filtrirten Flüssigkeit gefällte schwefelsaure Baryt wurde filtrirt, getrocknet, stark geglüht, mit salzsaurem Wasser noch einmal ausgewaschen und dann gewogen [1]). Er wog 1,401 Grm.

II. 0,3774 Grm. ebenso behandelt gaben 0,155 Grm. CaO. Die Schwefelbestimmung mifsglückte.

III. 0,7315 Grm. wurden in einem Kolben mit Salzsäure zersetzt, der Schwefelwasserstoff in einem durch Kalilauge gewaschenen Wasserstoffstrom in vorgelegte Lösung von essigsaurem Bleioxyd geführt und die letzten Theile desselben durch Erhitzen bis nahe zum Kochpunkt übergetrieben. Der ausgeschiedene, freie Schwefel wog 0,118

1) Diese Vorsichtsmafsregeln sind nach H. Rose's neusten Untersuchungen nothwendig. Besonders aus oxalsäurehaltigen Flüssigkeiten reifst der schwefelsaure Baryt sehr viel *oxalsauren* neben salzsaurem mit nieder. Es *ist wohl überflüssig zu sagen, dafs* ich bei allen Schwefelsäurebestimmungen *diese Vorsichtsmafsregeln* beobachtet habe.

Grm., das Schwefelblei 0,308 Grm., worin 0,0412 Grm. Schwefel sind. Aus der vom ausgeschiedenen, freien Schwefel abfiltrirten Flüssigkeit wurde der Kalk mit oxalsaurem Ammoniak gefällt. Der kaustische Kalk wog 0,302 Grm.

Nach dieser Analyse verhält sich der im Schwefelwasserstoff vorhandene Schwefel zu dem durch Salzsäure frei ausgeschiedenen, wie 1 : 2,87 oder wie 1 : 3. Es ist also in der Substanz *Tetrasulfuret* vorhanden. Berücksichtigt man, was entschieden der Fall ist, dafs mit dem gewöhnlichen Schwefelwasserstoff etwas Wasserstoffpolysulfid mit übergerissen wird, so ist es erklärlich, dafs von dem freien Schwefel ein etwas zu geringes Gewicht gefunden ist, während das Gewicht des Schwefelbleis dadurch erhöht ist. Da dieser beim Schwefelblei befindliche Schwefel nicht als solcher, sondern als Schwefelblei in Rechnung gestellt ist, so folgt, dafs überhaupt ein Verlust an Schwefel hier statthat, wie denn auch in der That weniger gefunden ist, als in Analyse I, und als die theoretische Berechnung (s. u.) erfordert.

In 100 Theilen sind:

				Gefunden		
		Berechnet	Mittel	I	II	III
Ca	4 = 80	29,35	29,20	28,84	29,41	29,35
S	4 = 64	23,19	22,41	23,06	—	21,76
HO	12 = 108	39,13	—	—	—	—
O	3 = 24	8,33	—	—	—	—
	276	100,00				

Die Formel ist demnach:

$$(3\,CaO\,.\,CaS^4 + 12HO).$$

Die Analyse III hat es aufser Zweifel gestellt, dafs in den Krystallen *Tetrasulfuret* und nicht Disulfuret ist. Die Analysen Herschell's stimmen mit den meinigen, so weit seine Methoden genaue Bestimmungen zulassen, auch so ziemlich überein, indem er 30,62 Proc. Ca fand, während ich im Mittel 29,2 Proc. erhielt; der durch Säure frei ausgeschiedene Schwefel betrug bei ihm 16,39 Proc., bei mir *16,43 Proc.* Dafs er freilich, während ich 5,63 Proc. im

Schwefelwasserstoff vorhandenen Schwefel fand, im Mittel 9,28 Proc. erhielt, liegt jedenfalls an der Unvollkommenheit der von ihm angewandten Methode. Dafs das Polysulfuret in dieser Verbindung Tetrasulfuret ist, macht auch schon die früher unbekannte Thatsache wahrscheinlich, dafs das Tetrasulfuret die ausgezeichnetste höhere Schwefelungsstufe der Erdalkalimetalle ist.

Ueber die möglichst beste Darstellung der Herschell'schen Krystalle habe ich schon berichtet. Es ist noch hinzuzufügen, dafs die Mutterlauge, die von ihnen abgegossen ist, wieder zur Darstellung neuer verwandt werden kann, indem sie einige Zeit mit Kalkhydrat, am besten aus gebranntem Marmor, gekocht und auf demselben in einem verschlossenen Gefäfs stehen gelassen wird. Wenn übrigens Herschell angiebt, dafs an der Stelle von Kalkhydrat ein beliebiger pulverförmiger Körper angewandt werden kann, so ist dieſs zu berichtigen, indem die Krystalle nur auf Kalkhydrat anwachsen.

Dieſs Oxytetrasulfuret entsteht dann, wenn eine Lösung von Vierfach-Schwefelcalcium mit Kalk zusammenkommt, indessen nur bei gleichzeitiger Anwesenheit von unterschwefligsaurem Kalk. Wie die Gegenwart dieses letzteren Salzes hier wirkt, ist schwer zu sagen; aber es ist thatsächlich, dafs dieses Oxytetrasulfuret zu seiner Bildung die Anwesenheit des unterschwefligsauren Kalks bedarf. während das im Folgenden zu beschreibende, von der Zusammensetzung $4CaO.CaS^4 + 18HO$, statt dessen Calciumsulfhydrat haben zu müssen scheint.

Herschell giebt an, dafs sich diese Verbindung in Wasser, wenn auch nur spärlich, löse, in heifsem reichlicher. Dieſs ist falsch. Wasser zersetzt die Krystalle, indem es das Tetrasulfuret auszieht und farbloses Kalkhydrat zurückläfst. Absoluter Alkohol löst Nichts. Im Glaskölbchen erhitzt, entweicht Wasser, Schwefelwasserstoff und Wasser. Zurück bleibt eine weifse, aus Schwefelcalcium, kaustischem, schwefelsaurem und wahrscheinlich schwef-

ligsaurem Kalk bestehende Masse. Wasser und Schwefelwasserstoff entweichen schon bei 100° und darunter.

Der wäfsrige Auszug zeigt auf Zusatz von Mangansulfat keine Schwefelwasserstoffentwicklung. Eine salzsaure Lösung von arseniger Säure giebt einen gelben Niederschlag, ohne dafs sich, auch beim Erhitzen, schweflige Säure entwickelt.

Was die sonstigen Eigenschaften dieser Verbindung, so weit sie im Vorstehenden nicht berichtigt sind, anlangt, so ist auf die Arbeit von Herschell hinzuweisen. Eine Messung liefsen die nur unvollkommen ausgebildeten Krystalle nicht zu.

c) Buchner's Krystalle.

Buchner [1]) erhielt diese Verbindung, als er in einer Entbindungsflasche sogenannten (aus 1 Theil Schwefel und 2 Theilen Kalk durch Glühen erhaltenen) Schwefelkalk mit (jedenfalls zur Zersetzung unzureichender) Essigsäure übergofs und als die Gasentwicklung nachliefs, die Flüssigkeit in dem verstopften Gefäfs ruhig mehrere Wochen stehen liefs. Buchholz und Brandes [2]) bekamen sie auf dieselbe Weise, nur dafs sie anstatt Essigsäure Salzsäure anwandten. Sie analysirten dieselben indessen nach ungenauen Methoden, und fanden darin 42,45 Proc. CaO, 14,93 Proc. S, 6,62 Proc. HS und 34,23 Proc. HO. H. Rose [3]) beobachtete, als er eine Calciumsulfhydrat enthaltende Lösung immer weiter eindampfte, wobei sie durch Einwirkung der Luft auf den Schwefelwasserstoff immer gelber wurde, spiefsartige, goldgelbe Krystalle, worin er im Mittel 28,00 Proc. Ca und 18,86 Proc. S fand und sie demnach für eine Verbindung von der Formel ($5\,CaO + CaS^5 + 20\,HO$) erklärte. Seite 74 habe ich gelbe, nadelförmige Krystalle erwähnt, welche entstanden waren, als Schwefelcalcium mit weniger als drei Aequivalente Schwefel, und Wasser

1) Schweigger, Journ. für Chem. u. Phys. XVI, 397.
2) *Ibid. XXII*, 43.
3) *Pogg. Ann.* LV, 433.

gekocht wurde, und auf dem festen Kalkhydrat enthaltenden Rückstand aufgewachsen waren. Alle diese auf verschiedenen Wegen erhaltenen Krystalle sind ein und dieselbe Verbindung.

Es gelang mir, trotz häufiger Versuche, freilich nicht nach der Methode von Buchner oder Buchholz und Brandes diese Krystallnadeln in derjenigen Reinheit zu erhalten, dafs sie hätten analysirt werden können; sie entstanden immer nur innerhalb des Bodensatzes, von dem sie nicht zu reinigen waren. Aber ich werde nachher Gründe für ihre Identität mit den nach den anderen Methoden erhaltenen Krystallen anführen.

Ich stellte zunächst die Verbindung dar, indem ich im Wesentlichen der Methode von H. Rose folgte. Durch eine grofse Menge Kalkmilch wurde mehrere Tage ein starker Strom von Schwefelwasserstoff geleitet, filtrirt und die Flüssigkeit nicht ganz fest abgeschlossen von der Luft hingestellt. Nachdem sich nach länger als einem halben Jahre nichts daraus abgesetzt hatte (ich hatte einmal zufällig durch blofses Stehen einige wenige sehr schön ausgebildete Krystalle erhalten), wurde die gelbgewordene Flüssigkeit in einem Kolben bis auf die Hälfte ihres ursprünglichen Volums abgedampft, wobei sich viel Schwefelwasserstoff entwickelte und Kalkhydrat abschied. Sodann wurde sie unfiltrirt einige Wochen in einem kühlen Raum hingestellt. Nun war eine grofse Menge orangegelber prismatischer Krystalle angeschossen, besonders auf dem Kalkhydrat, letztere leider so, dafs nur ein kleiner Theil ohne Verunreinigung zu gewinnen war. Von ihnen wurden folgende Analysen gemacht.

I. 0,4745 Grm. wurden in Wasser mit Chlor behandelt, der Kalk durch oxalsaures Ammoniak gefällt und als kaustischer Kalk = 0,201 Grm. gewogen; der sodann gefällte schwefelsaure Baryt wog 0,6135 Grm.

II. 0,5417 Grm. wurden zur Wasserbestimmung nach Art der Elementaranalyse verwandt. Das in der Chlorcalciumröhre angesammelte Wasser wog 0,244 Grm.

Aus der, von obigen Krystallen abgegossenen, in einem verschlossenen Kolben in einem kühlen Raum hingestellten, Flüssigkeit schieden sich nach einigen Wochen eine grofse Menge orangegelber, länglich blättriger Krystalle aus, welche, da sie einen etwas anderen Habitus, als die vorigen zeigten, von Neuem analysirt wurden.

III. In 0,7035 Grm., durch Chlor oxydirt, wurden 0,266 Grm. CaO und 0,832 Grm. BaO . SO^3 gefunden.

IV. 0,9515 Grm. ebenso behandelt ergaben 0,375 Grm. CaO und 1,171 Grm. BaO . SO^3.

V. In 0,678 Grm. wurden nach Art der Elementaranalyse 0,3085 Grm. HO gefunden.

VI. 1,860 Grm. wurden in einem Kolben mit Salzsäure zersetzt, der Schwefelwasserstoff in einem durch Kalilauge gewaschenen Wasserstoffstrom in vorgelegte Lösung von kohlensaurem Natron geführt und die letzten Theile desselben durch Erhitzen bis nahe zum Kochpunkt übergetrieben. Der ausgeschiedene freie Schwefel wog 0,2357 Grm. Die Lösung von kohlensaurem Natron, welche den Schwefelwasserstoff absorbirt hatte, wurde mit Chlor bis zur völligen Oxydation des Schwefels behandelt. Aus ihr wurde durch Chlorbarium 0,6138 Grm. BaO . SO^3 = 0,0843 Grm. Schwefel erhalten.

Nach dieser Analyse verhält sich der im Schwefelwasserstoff vorhandene Schwefel zu dem ausgeschiedenen freien = 1 : 2,80. Berücksichtigt man, dafs der erstere verhältnifsmäfsig etwas zu hoch gefunden seyn mufs (weil einerseits etwas Wasserstoffpolysulfid mit übergetrieben ist und andererseits der schwefelsaure Baryt trotz der angewandten Vorsichtsmafsregeln, wie H. Rose festgestellt hat, noch Verunreinigungen enthält), so ist es gerechtfertigt anzunehmen, dafs in den Krystallen *Tetrasulfuret* ist.

In 100 Theilen sind:

		Ber.	Mittel	Gefunden I	II	III	IV	V	VI
Ca	5 = 100	27,93	28,47	30,26	—	27,01	28,15	—	—
S	4 = 64	17,88	16,99	17,75	—	16,10	16,89	—	17,20
HO	18 = 162	45,25	45,27	—	45,04	—	—	45,50	—
O	4 = 32	8,94	—	—	—	—	—	—	—
	358	100,00							

Die Krystalle haben demnach die Formel:

$$(4\,CaO\,.\,CaS^4 + 18\,HO).$$

Da zu der Zeit, als H. Rose diese Krystalle analysirte, das Pentasulfuret für die vorzüglichste höhere Schwefelungsstufe der Metalle der alkalischen Erden galt, so war es natürlich, dafs von ihm in dieser Doppelverbindung Fünffach-Schwefelcalcium angenommen wurde. In der That stimmen sowohl die von ihm, wie von mir gefundenen Zahlen hinreichend genau zu der Formel $(5\,CaO\,.\,CaS^5 + 20\,HO)$, wie folgendes Schema zeigt.

	Berechnet	H. Rose	Schöne
Ca	28,57	28,00	27,93
S	19,05	18,83	16,99

Analyse VI stellt es indessen aufser Zweifel, dafs Vierfach- und nicht Fünffach-Schwefelcalcium in diesen Krystallen seyn mufs, was, seitdem ich gezeigt habe, dafs das Tetrasulfuret das Hauptpolysulfuret der Erdalkalimetalle ist, mit einiger Sicherheit im Voraus zu vermuthen war.

Von den auf S. 74 in den Versuchen 1 und 2 erwähnten nadelförmigen, gelben Krystallen stellte ich mir gröfsere Mengen dar, indem ich 2 Theile reines Schwefelcalcium mit 1 Theil Schwefel und 20 Theilen Wasser eine halbe Stunde kochte und die ganze Masse unfiltrirt in einem verschlossenen Kolben drei Tage stehen liefs. Die auf dem Bodensatz aufgewachsenen Krystallnadeln wurden sorgfältig gesammelt, gewaschen, getrocknet und analysirt.

VII. 1,8273 Grm. in Wasser mit Chlor oxydirt gaben 0,7415 Grm. CaO und 2,206 Grm. $BaO\,.\,SO^3$.

VIII. 0,496 Grm. gaben ebenso behandelt 0,2013 Grm. CaO; die Schwefelbestimmung mifsglückte.

IX. In 0,403 Grm. wurden nach Art der Elementaranalyse 0,1777 Grm. HO gefunden.

X. 0,695 Grm. gaben auf dieselbe Weise 0,3054 Grm. HO.

In 100 Theilen sind:

		Berechnet	Mittel	Gefunden VII	VIII	IX	X
Ca	5 = 100	27,93	28,98	28,98	28,99	—	—
S	4 = 64	17,88	16,57	16,57	—	—	—
HO	18 = 162	45,25	44,02	—	—	44,09	43,94
O	4 = 32	8,94	—	—	—	—	—
	358	100,00					

Dafs der Kalkgehalt etwas zu hoch, derjenige des Schwefels und Wassers aber zu niedrig gefunden ist, findet seine Erklärung darin, dafs trotz der sorgfältigen Reinigung die Krystalle noch etwas von Kalkhydrat, auf dem sie aufgewachsen waren, verunreinigt waren.

Diese Krystalle haben also ebenfalls die Formel:

$$(4\,CaO\,.\,CaS^4 + 18\,HO).$$

Während bei der Bildung der Herschell'schen Krystalle die Gegenwart von unterschwefligsaurem Kalk nothwendig erschien, so entstehen aller Wahrscheinlichkeit nach die in Rede stehenden nur, wenn Vierfach-Schwefelcalcium mit Kalkhydrat *bei Gegenwart von Calciumsulfhydrat* zusammentrifft. Sowohl bei der von H. Rose befolgten, wie der von mir angegebenen Methode ist Calciumsulfhydrat in der Flüssigkeit, in der die Krystalle entstehen, zugegen. Wenn es richtig ist, dafs das Sulfhydrat die Bildung der Verbindung ($4\,CaO\,.\,CaS^4 + 18\,HO$) bedingt, so sind die Krystalle, die von Buchner und später von Buchholz und Brandes erhalten sind, ebenfalls ($4\,CaO\,.\,CaS^4 + 18\,HO$). Denn auch bei ihrer Methode befand sich in der Flüssigkeit Calciumsulfhydrat, freilich neben (aus dem sogenannten Schwefelkalk herrührenden) schwefelsaurem Kalk und Chlorcalcium (resp. essigsaurem Kalk)[1]). Sollten *indessen hinsichtlich* der Identität der Buchner'schen Kry-

1) Diese Salze haben indessen wohl keinen Einfluss.

stalle mit den von H. Rose und mir dargestellten noch Zweifel herrschen, so ist die Analyse von Buchholz und Brandes, die an sich freilich werthlos ist, doch immerhin im Stande, dieselben zu heben. Die letzteren beiden Chemiker fanden das Gewicht des Schwefelwasserstoffs, welcher durch Salzsäure aus dieser Verbindung entwickelt wird, dadurch, dafs sie den Verlust bestimmten, welchen eine gewogene Lösung dieser Krystalle auf Zusatz einer ebenfalls gewogenen Menge Salzsäure erlitt. Wiewohl sie den in der Flüssigkeit noch aufgelösten Schwefelwasserstoff nach ungefährer Schätzung mit in Rechnung zogen, so ist doch klar, dafs nach dieser Methode sehr ungenaue Resultate erhalten seyn müssen; es mufs jedenfalls ein bei weitem zu grofser Gehalt an Schwefelwasserstoff gefunden seyn. Sie fanden so 6,62 Proc. dieses Gases durch Salzsäure entwickelt; aufserdem hatten sich 14,93 Proc. Schwefel bei der Zersetzung frei ausgeschieden. Der nach besserer Methode gefundene Kalkgehalt betrug 42,45 Proc. Es berechnet sich hieraus, dafs Buchholz und Brandes 30,32 Proc. Ca und 21,16 Proc. S gefunden haben. Es ist nun in Anbetracht der höchst mangelhaften Methode der Schwefelbestimmung wohl gerechtfertigt, anzunehmen, dafs hier über 3 Proc. Schwefel zuviel gefunden sind, und es dürfte nach diesen Erwägungen nichts entgegenstehen, den Buchner'schen Krystallen die Formel ($4\,CaO\,.\,CaS^4 + 18\,HO$) ebenfalls zuzuschreiben. Leider waren die von mir analysirten Krystalle nicht zur krystallographischen Messung geeignet, ich würde sonst sicherlich eine Form, welche mit der von Bernhardi für die Buchner'schen Krystalle gefundenen übereinstimmte, erhalten und somit ein weiteres Argument für meine Behauptung gehabt haben.

Die Buchner'*schen Krystalle* von der Zusammensezzung ($4\,CaO\,.\,CaS^4 + 18\,HO$) entstehen also, wenn Calciumtetrasulfuret [1]) mit Kalkhydrat bei Gegenwart von Cal-

1) Dieses Tetrasulfuret entsteht bei den angeführten Darstellungsmethoden (ausgenommen die von *mir angegebene*) immer durch Einwirkung der *Luft auf das Sulfhydrat.*

ciumsulfhydrat zusammenkommt. Wie das Sulfhydrat hier wirkt, dürfte nicht weniger schwierig zu erklären seyn, wie der Einfluſs des unterschwefligsauren Kalks bei der Bildung der Herschell'schen Krystalle.

Die Buchner'schen Krystalle halten sich nicht lange, selbst wenn sie von der Atmosphäre abgeschlossen sind; sie färben sich mit der Zeit immer heller und werden zuletzt weifs. Sie entlassen bei 100° C. und darunter Wasser und bedeutende Mengen Schwefelwasserstoff. Nach einer ungefähren Bestimmung verlieren sie bei 100° beinahe drei Viertel von ihrem Wassergehalt und etwa die Hälfte von dem Schwefelwasserstoff, der durch Säuren aus ihnen entwickelt wird. Diefs läfst darauf schliefsen, dafs bei einer Temperaturerhöhung bis zu 100° C. das Sulfuret sich mit dem Krystallwasser in Oxydhydrat und Sulfhydrat unter Ausscheidung von Schwefel zersetzt; das Sulfhydrat entläfst seinen Schwefelwasserstoff und es bleibt ein Gemenge von Kalkhydrat, Schwefelcalcium und Schwefel zurück, etwa nach folgendem Schema:

$$2\,(4\,CaO\,.\,CaS^4 + 18\,HO) = 9\,(CaO\,.\,HO),\,CaS,\,6\,S,\,HS,\,26\,HO.$$

Stärker erhitzt entwickeln sie noch Wasser und Schwefelwasserstoff, so wie Schwefel. Uebrigens geht auch schon bei 100° eine verhältnifsmäfsig nicht unbedeutende Menge Schwefel mit fort.

Gegen Wasser, Alkohol und im Uebrigen verhalten sich diese Krystalle, wie die Herschell'schen. Hinsichtlich der Krystallform ist auf die Abhandlung von Buchholz und Brandes [1]) zu verweisen.

Es sind Untersuchungen über die Verbindungen des Schwefels mit den Metallen der Alkalien eingeleitet. So weit bis jetzt ermittelt ist, ist auch bei ihnen das Tetrasulfuret die vorherrschende auf nassem Wege darstellbare höhere Schwefelungsstufe. Das Natrium bildet z. B. ein krystallisirtes Tetrasulfuret, welches eine auffallende Aehnlich-

1) Schweigger, Journ. f. Chem. u. Phys. XXII. 43.

keit in seinem Verhalten mit dem des Strontiums zeigt. Ich behalte mir vor, die Resultate dieser Untersuchungen nach ihrer völligen Beendigung zu veröffentlichen.

V. *Ueber die Entstehung des Hagels; von Friedrich Mohr.*

Die Bildung des Hagels war von jeher ein Gegenstand der Verwunderung nicht nur für Naturforscher, sondern für jeden denkenden Menschen. Die sonderbare Erscheinung, dafs in heifsen Gegenden in der wärmsten Jahreszeit Eismassen von 18 bis 26 Loth Schwere aus der Luft zur Erde herabfielen, liefs sich nicht ohne weiteres begreifen und erklären. Es entstanden denn auch Versuche zu solchen Erklärungen, welche die bedeutendsten Namen zu Urhebern hatten.

Die erste in den Annalen der Wissenschaft registrirte Theorie stammt von Volta her. Er meinte, dafs die Sonnenstrahlen an der obern Gränze der dichten Wolke fast vollständig absorbirt würden, was eine rasche Verdunstung zur Folge haben müsse, namentlich wenn die Luft über den Wolken sehr trocken sey; durch die Verdunstung solle so viel Wärme gebunden werden, dafs das Wasser in den tieferen Wolkenschichten gefriere. Offenbar enthält diese Erklärung einen logischen Fehler; wenn Wärme die Ursache der Verdunstung seyn soll, so kann nicht Kälte die Folge derselben seyn. Wird Wärme gebunden, so ist es die hinzugetretene Sonnenwärme, und es bliebe dann die übrige Temperatur, wie sie vorher war. Das Anwachsen der Hagelkörner zu bedeutenden Massen erklärt Volta mit dem öfteren Hin- und Hergeworfenwerden zwischen zwei *entgegengesetzt* geladenen Wolkenschichten. *Fällt der erste* Grund der Kältebildung weg,

so hat die zweite Ansicht keine Bedeutung mehr. Zudem ist es unbegreiflich, wie so schwere Massen von einfacher elektrischer Anziehung sollten getragen werden können. Alle uns zugänglichen Versuche mit Reibungselektricität sprechen dagegen.

Eine andere Erklärung von Fr. Vogel in Frankfurt a. M. (s. Müller's kosmische Physik, 2. Aufl. S. 466) nimmt an, dafs der Bläschendampf, welcher die Wolken bildet, weit unter den Schmelzpunkt des Eises erkalten könne, ohne dafs ein Erstarren einträte. Wenn nun aus einer höheren Wolkenschicht Graupelkörner durch eine in diesem Zustande befindliche Wolke herabfallen, so mufs sich auf ihnen Wasser niederschlagen, welches augenblicklich erstarrt. Diese Erklärung nimmt die Graupelkörner, die doch nur eine andere Form des Hagels sind, als gegeben an, und würde höchstens das Wachsen derselben, aber nicht ihre Entstehung erklären.

Leopold von Buch's Theorie (Pogg. Ann. Bd. 17, S. 459) gründet sich auf das Princip vom aufsteigenden Luftstrom. Dieser meint, eine mehr oder weniger mit Feuchtigkeit gesättigte Luft würde bis zu einer beträchtlichen Höhe geführt, in welcher sie sich mit der umgebenden Luft ins Gleichgewicht zu setzen vermöge. Hier werde nun, und vielleicht schon früher, in den niedrigen Regionen, eine Quantität des in Dunstgestalt vorhandenen Wassers niedergeschlagen, welche in Tropfen herabstürzend, indem sie durch die wärmere Luftschicht hindurchfalle, verdunste, gefriere, neuen Dunst anziehe und condensire, wieder gefriere und so das Hagelkorn als einen halb aus Eis halb aus Schnee bestehenden kleinen Gletscher bilde.

Es ist wohl kaum nöthig das Unhaltbare dieser Theorie nachzuweisen. In demselben Augenblick soll Wasser verdunsten und Kälte erzeugen, dann sich wieder niederschlagen und gefrieren. Wenn Wasser aus den oberen Luftschichten nur als solches herunter kommt, so kann es doch *in den unteren*, die wärmer und wasserreicher sind, und *die es eben passirt* hat, nicht durch Verdunstung gefrieren.

Der Schlufsfehler der Volta'schen Theorie ist auch darin enthalten; aber mit sehr unglücklichen Zusätzen.

Es ist demnach bisjetzt keine Erklärung bekannt geworden, welche die Erscheinung des Hagels nur halbweg deutlich machte, und ich berufe mich dieserhalb auf Müller's kosmische Physik, deren zweite Auflage im Jahre 1861 erschienen ist, und welche zugiebt keine genügende Erklärung beibringen zu können.

Theorie des Hagels.

Die oben besprochenen Hageltheorien haben den gemeinschaftlichen Fehler, dafs sie Entstehung der Kälte, welche das Gefrieren bewirkt, erklären wollten. Alle beim Gewitter und Hagel vorkommenden Erscheinungen, wie Bewegung, Reibung, Blitz, Wasserverdichtung erzeugen Wärme, aber keine Kälte; da aber nun doch Kälte auftritt, so mufs sie aufser diesen Erscheinungen und nicht mit ihnen in Verbindung stehend vorhanden seyn. Dove sagt in seinen meteorologischen Untersuchungen, 1837, S. 6: „So lange man glaubte der Thau mache kalt, war er ein unerklärliches Phänomen. Wells kehrte den Satz um, und das Problem war gelöst.«

Nun gut, ich thue dasselbe für den Hagel, und alle Schwierigkeiten zerfallen fast von selbst. Ich erkläre nicht die Entstehung der Kälte, sie ist vorhanden; sie liegt in den oberen Schichten der Atmosphäre.

Bei der am 27. Juli 1850 von Barral und Bixio zu Paris unternommenen Luftfahrt, wurden die folgenden Beobachtungen gemacht.

Höhe des Ballons.	Beobachtete Temperatur.
2300 Par. Fufs	+ 16° Cent.
6000 » »	+ 9 »
11250 » »	— 0,5 »
15360 » »	— 7 »
18990 » »	— 10,5 »
19530 » »	— 35 »
21060 » »	— 39 »

Hier war also mitten im Sommer in einer Höhe von nicht ganz einer deutschen Meile, auf der anderthalbfachen Höhe des Montblanc, eine Temperatur von — 39° C. wobei das Quecksilber gefriert. Allerdings ist diese Zahlenreihe höchst auffallend, wegen der ungeheuer raschen Abnahme der Wärme; allein es ist kein Grund vorhanden an der Richtigkeit zu zweifeln, da die Beobachtung eines Thermometers und eines Barometers die einfachsten und zuverlässigsten Operationen eines Physikers sind. Gay-Lussac fand am 16. Sept. 1805 auf einer Höhe von 21480 par. Fufs die Temperatur — 7,6° C., also ungefähr so, wie Barral und Bixio sie auf etwa 15500 Fufs Höhe gefunden haben. Thatsache ist, dafs die Temperatur in der Höhe sehr rasch abnimmt.

Die Atmosphäre ist einzig nach dem specifischen Gewichte geschichtet, d. h. jede höhere Schicht ist specifisch leichter als eine tiefere, wegen der Compression der tieferen durch die höhere. Das Mariotte'sche Gesetz giebt dieser Erscheinung Ausdruck. Dagegen ist die Zusammensetzung der Atmosphäre, was ihren Wassergehalt betrifft, nicht überall dieselbe, und die Temperatur nimmt nach oben hin ab. Alles zusammengenommen, Sauerstoff, Stickstoff, Wasser und Wärme, so kann Ruhe in der Atmosphäre stattfinden, wenn die Schichtung nach dem specifischen Gewichte stattfindet. In diesem Falle werden die untersten Schichten die wärmsten, feuchtesten und dichtesten, die oberen die kältesten, trockensten und lockersten seyn, weil am Boden die Quelle des Wassers, das Meer, und die Quelle der Wärme, die Erde, liegt. Eine solche Schichtung in der Ruhe wird nicht auf die Dauer möglich sein, weil die Wirkung der Sonne immer Bewegung der Luft, Winde, erzeugt, welche diese Ruhe stört. Durch Vermischung der unteren wasserhaltigen und warmen Schichten mit den kälteren oberen wird zunächst die Luft bis zur Sättigung mit Wasserdampf, d. h. bis zum Thaupunkt abgekühlt, und durch fernere Abkühlung bis zum Niederschlag von Wasser aus dem gasförmigen in tropfbarflüssi-

gen Zustand. Mit der Ausscheidung von Wasser aus der Gasform ist ein neues Moment zu einer noch gröfseren Störung der Ruhe gegeben.

1 Grm. oder gleichbedeutend 1 Cubikcentimeter Wasser nimmt bei 100° C. und 760 Millimeter Barometerstand ein Volum von 1696 CC., oder in runder Zahl das 1700fache Volum ein. Bei jeder niedern Temperatur ist das Volum bedeutend gröfser, z. B. bei 0° C. 182323 hoch, bei 20° C. 58224 hoch. Der gesättigte Wasserdampf dehnt sich bei abnehmendem Druck nach dem Mariotte'schen Gesetze aus; bei zunehmendem Druck verdichtet sich ein Theil Wasser und die Dichtigkeit des Dampfes bleibt ungeändert. Bei einer Höhe, wo der Barometerstand nur mehr die Hälfte des normalen, also 380 Mllm. beträgt, hat der Wasserdampf die doppelte Ausdehnung der oben genannten Zahlen, also für 100° C. die 3400fache, für 0° die 364646fache, für 20° C. die 116448fache, diejenige Höhe, wo der Barometerstand 380 Mllm. beträgt, ist nach der bekannten Formel

$$U = 20112\ (\log B - \log b)$$
$$= 20112 \,.\, 0{,}30113 = 6054{,}3 \text{ Meter.}$$

Also auf 6054,3 Meter Höhe finden die zuletzt verzeichneten Volumina für ein Volum Wasser statt. Diese Höhe berechnet sich zu 18626 par. Fufs, und der Chimborazo wird von Humboldt zu 20148 par. Fufs angegeben. Es trifft also diese Höhe in die Wolkenregion, die höher und tiefer als der Gipfel des Chimborazo reicht. Man kann nun die Temperatur des zur Verdichtung kommenden Wasserdampfes nicht angeben, allein man sieht, dafs er bei 20° C. schon mehr als das hunderttausendfache Volum des daraus entstehenden Wassers einnimmt, und da diese Temperatur in jenen Höhen nicht erreicht wird, viel wahrscheinlicher das 200000- bis 300000fache Volum. Es mufs also mit der Verdichtung von Wasserdampf eine ganz ungeheure Raumverminderung stattfinden, so dafs ein Cubikmeter Wasserdampf zwischen 3 und $3\frac{1}{2}$ Cubikcentimeter flüssiges Wasser giebt. Diese Raumverminderung oder Va-

cuumbildung ist nun die eigentliche Ursache aller hier auftretenden Erscheinungen. Das Vacuum kann nur von den Seiten und von oben ausgefüllt werden, alle diese Schichten sind kälter, stürzen mit Bewegung in den luftverdünnten Raum, bringen dort, wegen ihrer Kälte neue Wasserverdichtung und Raumverminderung hervor, und sind dadurch die Ursache, dafs wieder neue noch höhere und kältere Luftschichten herangezogen werden. Je rascher die Verdichtung der Wasserdämpfe durch die hineinfallende kalte Luft geschieht, desto mehr mufs der Ersatz aus den senkrecht darüber liegenden Schichten genommen werden, und desto weniger haben die danebenliegenden Luftschichten Zeit in das Vacuum nachzurücken. Indem aber die kälteren Luftschichten aus dem geringeren Druck der gröfseren Höhe in tiefere Schichten der Atmosphäre angesaugt werden, gerathen sie unter einen höheren Druck, und werden nach dem Mariotte'schen Gesetz zusammengedrückt. Diefs ist der zweite Grund der so ungeheuren Gleichgewichtsstörung, dafs jeder Raum Luft durch die blofse Ortveränderung eine grofse Einbufse an Volum erleidet. Es wird also der über der Verdichtungsstelle gebildete leere oder luftverdünnte Trichter gröfser sein, als das von ihm in unteren Schichten ausgefüllte Vacuum ist. Zwar wird die herabgezogene kalte Luft durch Compression etwas erwärmt, auch hat der verdichtete Wasserdampf seine latente Wärme abgegeben, aber diese schwachen Wärmewirkungen werden reichlich von der Kälte der oberen Schichten absorbirt, und ihre Wirkung besteht blofs darin, dafs der Hagel nicht ganz so kalt ist, als die Luft, welche ihn gebildet hat.

Es ist einleuchtend, dafs jede Hagelbildung mit Wasserverdichtung anfangen mufs, denn im Anfang werden die nächsten wenig kalten Luftschichten eingeschlürft, und diese werden den Wasserdampf zu abgekühltem Wasser verdichten. Indem diefs Wasser herunterfällt und in den untern *wasserreichen* Luftschichten neue Wasserbildung und Raum*verminderung* erzeugt, werden die kälteren höher liegenden

Schichten herangezogen und das bereits flüssige Wasser zum Gefrieren bringen. Wenn auch das Gewitter sogleich mit Hagel beginnt, so beweist die dichte Form der Hagelkörner, dafs vorher flüssiges Wasser vorhanden war. Was kann geschehen, wenn Wasser bereits flüssig geworden ist, und es wird, nach Ausweis der Barral'schen Luftfahrt, aus einer Höhe von 19000 Fufs eine Luftschicht von — 35° C. hineingewirbelt? Es gefrieren nicht nur die einzelnen Tropfen, sondern es frieren eine Menge Tropfen im Augenblick des Erstarrens an einander. Das inmitten eines Luftstroms von dieser Kälte gebildete Eis kann noch 6 bis 8 Grade unter Null erkaltet seyn, und mufs beim Durchfallen durch noch wasserhaltige Schichten von aufsen durch Niederschlag concentrisch wachsen. Ueberhaupt aber ist der bereits gebildete Hagel ganz einfach der feste Körper, welcher den Uebergang der Wärme aus der wasserhaltigen an die kalte wasserarme Luft vermittelt, und der durch diese Vermittlung an Masse wachsen mufs. Das gefrierende Wasser wird sich am leichtesten an den bereits vorhandenen Kern seiner eignen Art anschliefsen, wie auch Salze aus Flüssigkeiten sich am leichtesten an ihre eignen Krystalle anlegen. Derjenige Zustand der Luft, der an der Erde den sogenannten Eisbruch in Wäldern veranlafst, wodurch sich die Aeste und Zweige der Bäume mit Eisschaalen bekleiden, bis sie unter der Last zusammenbrechen, mufs in der hagelnden Wolke immer vorhanden seyn. Die Luft wird rascher abgekühlt, ehe sie ihren ganzen Wassergehalt absetzen kann. Es ist eiskalter Wasserdampf und ein fester Körper vorhanden, an den er sich bei der zunehmenden Abkühlung anlegen kann. Demnach dürfte auch das Hagelgeräusch, was in vielen Fällen unzweifelhaft beobachtet worden, etwas wirkliches seyn, wenn es auch nicht in allen Fällen wegen zu grofser Entfernung gehört wird, und die nothwendige Folge des Aneinanderschlagens der Hagelkörner unter dem Stofse der hineinbrechenden Luftschicht seyn.

Hagelbildung findet also nur dann statt, wenn eine so

bedeutende Raumverminderung eingetreten ist, dafs die daneben liegenden Luftschichten nicht Zeit haben nachzurücken, und die senkrecht darüber liegenden hineingezogen werden müssen. Nur in diesem Falle sind die herantretenden Luftschichten so kalt, dafs sie trotz der freiwerdenden Wärme des Wasserdampfes noch Wasser zum Gefrieren bringen können. Es bildet sich also in der hagelnden Wolke ein trichterförmiger Strudel von eiskalter Luft, gefrornem Wasser und daneben noch flüssigem, das schraubenförmig wirbelnd zur Erde niederbraust. Daher die nothwendige Bedingung, dafs der eigentliche Hagel nur eine sehr geringe Ausdehnung hat, und dafs der mittelste Theil des Hagelwirbels die gröfsten Schlossen und die gröfste Kälte hat. Findet die Verdichtung des Wassers auf einer gröfseren Ausdehnung statt, so ist die ungeheure Menge der freiwerdenden Dampfwärme hinreichend die kalte Luft zu erwärmen und den Wasserdampf als abgekühltes Wasser herunter zu schicken; es entsteht dann das gewöhnliche Gewitter, von dem der Hagel nun die einzelne Form ist, dafs die eingesaugte Luft in einen ganz engen Raum geführt werde, in welchem sie ihre Kältewirkung bis zum Gefrieren des Wassers ausüben kann.

Wenn diese Ansicht über die Bildung des Hagels die richtige ist, so mufs sie nicht nur sicher beobachtete Erscheinungen erklären, sondern sie mufs unaufgefordert Fragen lösen, die noch gar nicht gestellt worden sind.

So ist es eine nothwendige Folge meiner Ansicht, dafs ein Hagelwetter nicht still stehen kann. Wenn die Hagelbildung die Folge eingeschlürfter kalter Luft ist, so mufs sie aufhören, wenn die unteren Schichten abgekühlt und ihres überflüssigen Wassergehaltes beraubt sind, da jetzt keine Raumverminderung mehr stattfinden kann. In der That ist noch kein längere Zeit dauernder stillstehender Hagelschlag beobachtet worden. Indem der Hagelschlag fortschreitet, findet er neue Nahrung seiner Thätigkeit; er *tritt in warme*, ihres Wasserdampfes noch nicht beraubte *Luftschichten*, und ein anderer Theil der darüber schwe-

benden Luftschichten wird eingesogen. In dieser Art gilt von ihm: *vires acquirit eundo*, und es ist die Erscheinung zu erklären, dafs am 13. Juli 1788 ein Hagelschlag ganz Frankreich und Holland durchzog. Man denke sich einen solchen Hageltrichter fortschreitend, so wird seine Bahn die Gestalt einer langen schmalen Spalte der Atmosphäre durchlaufen haben.

Der Hagel gehört vorzugsweise den gemäfsigten Climaten an. Weder im hohen Norden noch unter den Tropen findet man ihn. Die Gründe dazu sind einleuchtend. Im Norden ist die untere Luft kälter und weniger mit Wasserdampf beladen. Weder die Abkühlung, noch die Wasserbildung können ein bedeutendes Vacuum erzeugen, daher auch kein plötzliches massenhaftes Einsaugen. Der geringe Gehalt der Luft an Wasser bedingt kleinere Hagelkörner. Nach Süden nimmt die Häufigkeit und die zerstörende Wuth des Hagels zu. Der grofse Gehalt der Luft an Wasser bedingt reichliche Ausscheidungen von Wasser, entsprechendes Einschlürfen von kalter Luft und daher die ungeheuren Hagelmassen, die man in Sicilien, Südfrankreich und den Küsten des Mittelmeeres beobachtete. Kommt man noch weiter nach Süden, so nimmt der Wassergehalt und die Wärme der Luft zu, und steigt selbst bis zu bedeutenden Höhen in der Atmosphäre. Die überliegenden Luftschichten sind nicht so kalt, dagegen die untern sehr warm und feucht. Es entstehen daraus die tropischen Regengüsse und Gewitter, bei denen selbst nach der Vermischung kalter und warmer Schichten der Gefrierpunkt noch nicht erreicht wird. Die freigewordene Wärme ist hier in der noch vorhandenen Temperatur des Regens wahrzunehmen. Ohne Verdichtung von Wasserdampf würde die Abkühlung weit bedeutender und geradezu das arithmetische Mittel beider Temperaturen seyn, wenn überhaupt ohne Wasserniederschlag eine solche Vermischung möglich wäre.

Es hagelt öfter am Nachmittag als am Vormittag, weil die untere Luft Nachmittags wärmer und wasserreicher ist;

öfter am Tage als in der Nacht, aus demselben Grunde, und auch, weil mit dem Aufhören der Wärmeentwicklung auf dem Boden die unteren Schichten sich abkühlen und dann keine so grofse Zusammenziehung mehr gestatten. Da überhaupt die Hagelbildung auf einer Wechselwirkung zwischen warmer feuchter, und kalter trockner Luft beruht, so müssen alle Umstände die Hagelbildung begünstigen, welche diesen Unterschied recht grofs werden lassen, und alles wird die Hagelbildung vermindern, welches von selbst eine allmähliche Ausgleichung bewirkt.

Ruhige schwüle Luft begünstigt, beständiges Windwehen vermindert die Bedingungen. Die furchtbarsten Hagelschläge sind nach anhaltend heifsem Wetter ohne Wind eingetreten; so z. B. jener zu Mastricht am 3. August 1837 »*nach einer mehrtägigen drückenden Hitze*« (Pogg. Ann. Bd. 16 S. 383). Aus Mangel an Einsicht in die Erscheinung hat man auf die Umstände nicht geachtet, von denen man keinen Einfluſs erwartete. Man wird jetzt erst die Beobachtungen vervollständigen können. Die beim Hagel auftretenden elektrischen Erscheinungen sind bloſs Folgen und nicht Ursachen, und werden, wie die eigenthümliche Bewegung, beim Gewitter betrachtet werden.

Das Gewitter.

Diese herrlichste Erscheinung in der Natur steht mit der Hagelbildung im nächsten Zusammenhang; beide sind Erscheinungen derselben Art, und nur dem Grade nach verschieden. Es giebt Gewitter mit und ohne Hagelschlag, und dieſs hängt allein von der Kleinigkeit ab, ob bei der Durchmischung der beiden Luftschichten der Nullpunkt erreicht wird oder nicht. Der Hagel ist immer ein Gewitter, aber nicht umgekehrt. Dieselben Umstände begünstigen und erschweren die Bildung beider. Wegen der weiteren Verbreitung auf der Erde und dem häufigeren Vorkommen widmen wir dem Gewitter eine besondere Betrachtung.

Das Gewitter lernen wir unter zwei Gestalten kennen: *wir sehen es in* unserer Nähe entstehen, oder wir sehen es

bereits ausgebrochen herabgezogen kommen. Die Bildung des Gewitters kann nur bei ruhiger Luft stattfinden; ein arbeitendes Gewitter kann nicht stille stehen, es mufs sich bewegen. Der von Dove (Meteorol. Unters. S. 228) ausgesprochene Satz: »Daher sind vom Horizont aufkommende Gewitter stärker, als im Zenith sich bildende,« ist im Thatsächlichen richtig, erhält aber jetzt eine andere Deutung. Das vom Horizont aufziehende Gewitter war auch irgendwo ein im Zenith gebildetes, und der Vergleich betrifft eigentlich nur zwei verschiedene Zeitpunkte desselben Gewitters, und besagt nichts anderes als: ein ausgebrochenes Gewitter ist stärker als ein sich bildendes. Den Grund davon findet man leicht darin, dafs beim ausgebrochenen Gewitter die Vacuumbildung bis auf die Erde und in den wärmsten feuchtesten Luftschichten reicht, während sie bei dem sich bildenden nur in den oberen Schichten stattfindet.

Wenn nach langer schwüler Sonnenwärme die Luft mit Feuchtigkeit angefüllt und stark erwärmt ist, treten die ersten Anzeichen eines sich bildenden Gewitters als ein dünner Flor auf, der einen Theil des Himmels überzieht. Die Veranlassung dazu dürfte wohl das Begegnen von Winden seyn, oder das wirkliche Hinaufsteigen des Wasserdampfes bis in die kalte Region. Schenkt man dieser Erscheinung ununterbrochene Aufmerksamkeit, so sieht man, wie stellenweise der Flor dichter wird und die Gestalt einer Wolke annimmt. Die ganze Erscheinung ist so eigenthümlich, dafs jeder Mensch dieselbe als das erkennt, was sie ist. Die Wolke wird immer dichter und schwärzer und man erwartet jeden Augenblick den Ausbruch des Gewitters, obgleich man deutlich sehen kann, dafs es noch nicht stattgefunden hat. Das Zusammenziehen des Gewitters bezeichnet den Vorgang sehr genau, denn in der That strömt von allen Seiten warme frische Luft und von oben kalte in dieselbe Stelle, und sie scheiden hier den Wassergehalt durch Abkühlung aus, der im flüssigen Zustande etwa den 200000 bis 300000sten Theil *des Raumes* einnimmt, welchen er in *Gasform besafs. Die tiefe* Schwärze der Gewitterwolke

zeigt, dafs sie eine bedeutende Höhe habe, und dafs die Verdichtung von Wasserdampf in einem grofsen cubischen Raume stattfindet. Zuströmen von kalter Luft von oben und Verdichtung von Wasser steigern sich einander in ganz ähnlicher Weise wie im feuchten Heu oder fetter Wolle die Oxydation und die Wärme. Die Entwicklung des Gewitters geht deshalb, je später, um so rascher vor sich. Der innere Theil der Gewitterwolke zeigt ein ganz gleichmäfsiges Grau oder Schwarz und nur am Rande hängen eine Reihe zerrissener Wolken wie Locken herunter. Nun zuckt plötzlich ein Blitz durch die Wolke und man sieht alsbald Streifen von Regen nach der Erde hinabziehen. In diesem Augenblick setzt sich das Gewitter in Bewegung und nimmt eine bestimmte Richtung an, die ganz unabhängig vom Winde ist. Indem nun von allen Seiten warme und wasserhaltige Luft und von oben sehr kalte Luft zusammentreffen, der gebildete Regen seiner Schwere nach zur Erde eilt, entsteht eine von oben nach unten gerichtete Trombe von niederstürzendem Wasser und mitgerissener Luft, die an der Erde nach allen Seiten aus dem Gewitter stürzt. Man erkennt diesen abstürzenden Luftstrom ganz deutlich an der Gestalt der davon betroffenen Bäume. Die Pappeln beugen ihre Wipfel nieder, dafs die Spitzen nach dem Erboden gerichtet sind, oft bis zum Zerbrechen der Aeste; stark belaubte Obstbäume erscheinen oben abgeplattet wie ein Tisch, dürre Blätter und Staub fliegen vom Boden in die Höhe, wie man sich Staub in die Augen bläst, wenn man senkrecht auf eine bestäubte Fläche hinabbläst.

Eigenthümliche Bewegung des Gewitters.

Es war eine der räthselhaftesten Erscheinungen die rasche Fortbewegung des Gewitters bei ruhiger Luft. Vor dem Gewitter ist schwüle Windstille, fast sprüchwörtlich geworden, nach dem Gewitter sogleich wieder Windstille, *dafs sich kein* Blatt an den Bäumen regt. Es kann also *nicht der Sturm* das Gewitter gebracht haben, sondern um-

gekehrt, das Gewitter mufste den Sturm erzeugen und bringen. Unsere Theorie erklärt diese Erscheinung auf's vollkommenste. Es ist nichts leichter beweglich, als was in Luft schwebt. Ein Gewitter kann sich nur bei ruhiger Luft bilden, weil nur dabei die Verdichtung von Wasser an einem bestimmten begränzten Orte stattfinden kann. Bei bewegter Luft entsteht nur ein allgemeiner Regen. So lange das Zusammenziehen des Gewitters stattfindet, ist die Bewegung nur in der Wolkenschicht. Erst durch den Regen wird sie in die unteren Schichten hineingebracht. Die kleinste Ungleichheit in den Bedingungen der Umgebung mufs eine Bewegung der so leicht schwebenden Wolke hervorbringen. Diese Ungleichheit tritt sogleich durch den Regen ein.

Wir haben gesehen, dafs sich Gewitter leichter am Nachmittag als am Vormittag bilden können. Die Sonne steht im Süden oder Südwesten. Der Schatten der Wolke fällt nach Norden oder Nordosten. Diese Abkühlung der Luft durch den immer dichter werdenden Schatten der Wolke ist die nächste Veranlassung, dafs die Gewitterwolke eine leichte Bewegung nach der Schattenseite annimmt. Sobald aber der Regen einmal begonnen hat, wird an dieser Seite Vacuumbildung durch Wasserverdichtung stattfinden, und indem das Gewitter über solche Theile der untern Luft hinrückt, welche bis dahin im Sonnenschein lagen, erwärmt und wasserhaltig sind, mufs hier eine stärkere Vacuumbildung eintreten, und die Bewegung einen schnelleren Gang annehmen. Ist einmal dieses Stadium eingetreten, so ist eine Ruhe des Gewitters gar nicht denkbar. Vor ihm liegt warme wasserhaltige Luft, hinter ihm abgekühlte, des Wasserdampfes beraubte. Die Vacuumbildung kann also nur an der warmen Seite stattfinden, und das Gewitter mufs dahin drängen. So erkennen wir jetzt, dafs die sonst räthselhafte Bewegung des Gewitters in ruhiger Luft die nothwendige Folge einer nur einseitig möglichen Raumverminderung *ist, und* zugleich findet dadurch die *Theorie ihre schönste Bestätigung*. Ferner erklärt sich da-

durch die Erscheinung, dafs Gewitter in verschiedenen Richtungen ziehen, ihre Bahnen durchkreuzen können, was unbegreiflich wäre, wenn die Bewegung der Luft das Gewitter brächte und nicht umgekehrt, da sich die Windesrichtung im Laufe einiger Stunden nicht mehrmals ändern kann, und überhaupt die jedesmalige Windstille nach dem Gewitter die Abwesenheit jeder allgemeinen Luftströmung beweist. Ist einmal in einem Gewitter eine Ungleichheit der Verdichtung in Bezug auf die Mittellinie entstanden, so mufs es nach dieser Seite fortziehen, und dafs diese Verdichtungsseite bei allen Wolken nicht in derselben Richtung der Himmelsgegenden liege, ist sehr leicht denkbar. Häufig sieht man gleichzeitig mehrere Gewitter ziehen, deren Richtung fast um einen rechten Winkel verschieden ist. Jedes hat seine eigenthümliche Bewegung. Die meisten Gewitter scheinen bei uns aus Süden und Südwesten zu kommen, weil diese Richtung durch den Schatten der Wolke in den Nachmittagen vorzugsweise bedingt wird. Die aus Osten und Norden kommenden Gewitter kühlen nicht mehr ab, als die aus Süden kommenden, weil sie nicht von Nord- und Ostwind gebracht werden, sondern diesen nur vorübergehend selbst machen.

Im Sommer 1861 beobachtete ich ein Gewitter von folgendem Verlaufe. Im Süden zog sich das Gewitter von Nachmittag 2 Uhr an zusammen und ballte sich immer höher und schwärzer. Die Vorwärtsbewegung war aber so langsam, dafs es in mehreren Stunden nur etwa um 6 bis 8° am Himmel stieg. Aller Wahrscheinlichkeit nach konnte das Gewitter erst tief in der Nacht meinen Ort erreichen. Um 9 Uhr Abends stand der vordere lockige Rand des Gewitters etwa 30° hoch. Um ½10 Uhr bemerkte man den ersten Blitz, und um 10 Uhr hatte es mit furchtbarem Regenguſs, Blitz und Donner meinen Ort erreicht. Es hatte also vom Augenblick des Ausbrechens in einer halben Stunde einen gröfseren Weg zurückgelegt, als vorher in 5 bis 6 *Stunden.* *Um* ½11 Uhr war alles vorüber, vollkommene *Windstille, eine* schöne sternenhelle Nacht bei ziemlicher

Abkühlung der Luft folgte. Ich habe genau beobachtet, dafs der Wind aus dem Gewitter blies und nicht in dasselbe. Die senkrecht herabstürzende, mit Regentropfen durchsetzte Luft zerstieb auf dem Boden nach allen Richtungen radial aus dem Gewitter.

Am 10. Mai d. J. beobachtete ich ein fernes Gewitter im Westen, was über die Gegend des Laacher Sees und der Ahr ziehen mochte. Die untergehende Sonne erleuchtete den Hintergrund, und man konnte ganz genau die Regenstrahlen sehen. Sie hatten die Gestalt des Fufses eines Leuchters, d. h. sie gingen vor und hinter dem Gewitter aus einander. Hätte der Wind das Gewitter gebracht, so mufsten die hinteren Regenstrahlen unter das Gewitter eingeschlagen erscheinen, etwa wie ein schief auf den Boden gedrückter Besen. Man sieht immer die an der vorderen Seite befindlichen Regenstrahlen dem Gewitter vorauseilen, weil die Vacuumbildung in der noch warmen Luft am stärksten ist. Ebenso wird man immer von den ersten Regentropfen überrascht, ehe die Gewitterwolke den Scheitelpunkt des Beobachters erreicht hat. Am 4. Juni d. J. zog ein leichtes Gewitter über meine Gegend. Es war schon blauer Himmel im Scheitelpunkte, und dennoch regnete es noch eine Zeit lang.

Wie gefällig ist doch eine richtige Theorie, und wie widerstrebend eine falsche? Die erste kömmt freiwillig entgegen, giebt ungeahnte Aufschlüsse, spricht, wenn sie gar nicht gefragt wird, und überläfst uns nur die Mühe die Resultate zu sammeln. Und die falsche macht überall Schwierigkeiten, giebt keine Antwort, wenn man sie inständigst bittet, und greint wenn man gar nichts sagt. Diese Gefälligkeit der neuen Ansicht giebt einige Gewifsheit, dafs sie die richtige ist. Wir haben noch eine Menge Resultate aufzulesen.

Ein Gewitter kann so wenig stillstehen, wie der Hagelschlag. Es findet seine Nahrung und die Kraft zur Bewegung in der *Wärme und dem* Wassergehalt der Luft*schichten. Je gröfser die* verdichtete Wassermenge, desto

gröfser die Vorwärtsbewegung, daher die Fürchterlichkeit der tropischen Gewitter. Die Mittheilungen über solche auf Martinique und Guadeloupe, welche Kanonen von den Lafetten und Bretter durch Bäume bliesen, sind uns fast unverständlich. Es ist aber klar, dafs die mechanischen Wirkungen mit der Menge des in einer Zeit verdichteten Wassers im nahesten Zusammenhang stehn. Die Bildung eines tropischen Gewitters auf dem Meere findet oft in einer Stunde statt. Der ganze Himmel ist noch klar, schwül und ruhig, und nur an einer Stelle bemerkt man ein leichtes Wölkchen. Nun werden sogleich die Segel eingerefft und alles auf einen Sturm vorbereitet, denn das Wölkchen wächst sehr rasch und hat in kurzer Zeit den ganzen Horizont mit einer schwarzen Wolkenschicht überspannt. Es zeigen sich die ersten Blitze, wenn bereits in der Wolke Verdichtung zu Tropfen stattgefunden und nun beginnt ein Gufs von Wasserfäden, wovon unsere nordische Erfahrung keine Anschauung haben kann. Das kleine Wölkchen war diejenige Stelle, wo zuerst durch Aufsteigen der heifsen Luft ein Niederschlag entstand. Die damit verbundene Bewegung zog neue kalte Luft herbei und die in der Wolke stattfindende Bewegung ist die eigentliche Ursache ihrer Vergröfserung. Es entstehen nicht gleichzeitig mehrere Wolken, sondern die eine zieht die ganze Atmosphäre in ihre Thätigkeit hinein.

Die Wasserverdichtung findet auf einer der Höhe nach sehr bedeutenden Ausdehnung statt. Beobachtet man am Abend ein stark blitzendes Gewitter, so sieht man in der scheinbar gleichartigen Gewitterwolke deutliche Wolkenbildungen mit bestimmten Umrissen. Niemals zeigen zwei Blitze dicht hintereinander dieselbe Wolkenform. Die entladene Wolke blitzt sogleich nicht wieder, und ein neuer Blitz ist in einer anderen Stelle der Wolke.

Am 13. Mai d. J. zog ein Gewitter spät Abends über unsere Gegend. Die Zeit des Donners nach dem Blitz in *ziemlich gleicher* Stelle des Himmels wurde zu 6, 8 und *15 Sekunden gemessen*. Dieser Unterschied von 9 Sekun-

den giebt allein eine Dicke der Gewitterwolke von 9270 Fufs, und gewifs waren die Blitze nicht an den äufsersten Gränzen der Wolke. Man kann sich daraus die ungeheure Menge von verdichtetem Wasser erklären, wenn der Verdichtungsheerd eine senkrechte Höhe von 10000 bis 12000 Fufs und eine Längenausdehnung von nur einer Meile im Durchmesser hat, in welchen von allen Seiten warme und feuchte Luft hineinströmt. Die auf einen Ort gefallene Wassermenge kann deshalb die in der Luft darüber befindliche übertreffen, weil die Verdichtung des Dampfes das Wasser aus weiter Ferne heranzieht.

Die elektrischen Erscheinungen.

Seit Armstrong's Entdeckung und Faraday's Untersuchung wissen wir mit Bestimmtheit, dafs die elektrischen Erscheinungen des Gewitters nur von der Reibung der Wassertheilchen an einander herrühren. Der experimentale Beweis liegt in der Dampfelektrisirmaschine, die einen Theil unserer physikalischen Apparate ausmacht; ein anderer Beweis liegt in den elektrischen Entladungen, die sich bei Ausbrüchen des Vesuvs in den aus dem Wasserdampfe des Feuerberges gebildeten Wolken zeigen. Bei der Dampfelektrisirmaschine leitet Faraday die Elektricität aus der Reibung der Wassertheilchen an den Ausströmungsmündungen der Maschine ab. In den Wolken kann es nur die Reibung des Wassers gegen Wasser seyn. Alle anderen Erklärungen wie die von der Vegetation oder der Verdunstung hergenommenen, sind thatsächlich widerlegt und ins Fabelbuch geschrieben.

Die Elektricität der Wolken stammt also von mechanischer Kraft her, wie die in der Reibungselektrisirmaschine durch die Kraft des drehenden Armes entwickelte. Unter gewissen Umständen nimmt ein Theil der mechanischen Kraft diejenige Form einer andern Kraft an, die wir Elektricität nennen. Mit Ermittelung dieser Umstände beschäftigt sich die Physik, *die Kraft selbst* kennen wir aus ihren *Erscheinungen. Es ist eine* schwingende Kraft, welche

zwei Arten der Fortpflanzung hat. Sie eilt entweder nach den Gesetzen der Wellenbewegung an den Theilchen des Stoffs hin, *Leitung*, oder wirkt durch dazwischen liegende Luftschichten *strahlend*, nach Art der Schwere. Immer ist sie an den Körpern haftend. Von dem Gegensatz der beiden Arten der Elektricität einen Begriff zu geben, ist der Wissenschaft noch nicht gelungen. Nothwendig sind die Mengen der beiden Arten der jedesmal entwickelten Elektricität gleichwerthig. Durch Vereinigung verschwinden beide, nur eine entsprechende Menge Licht und Wärme tritt auf.

Durch die heftige Bewegung der in das Vacuum hineinstürzenden Luftschichten werden die Wassertropfen elektrisch erregt, und beide Elektricitäten haften getrennt auf Wolkenschichten. Auf diesen üben sie strahlende Wirkung aus, bis sie durch den Blitz sich wieder befreien und in Wärme übergehen. So lange die Wolke blitzt, ist in ihr heftige Bewegung vorhanden. Dafs die Elektricitäten getrennt auf den Wolken haften müssen, geht aus dem Blitz hervor, der von Wolke zu Wolke geht. Es kann keine ausschliefslich positive oder negative Wolken geben. Die Wirkung auf unsere Elektroskope ist nur die der uns zunächst gelegenen Schicht. Die Bewegung in den Wolken ist nicht Folge der elektrischen Anziehung, sondern umgekehrt. Es müfste sonst mit einigen Blitzen das Gewitter vorüber seyn, und dann noch eine neue Ursache für den Blitz gesucht werden. Warum gerade die eine Wolke die positive, die andere die negative Elektricität hält, läfst sich so wenig erklären, als warum auch bei unseren Reibungsversuchen die Natur der Elektricität oft wechselt. Wenn trocknes Papier an trocknem Papier gerieben wird, so müssen die beiden Papiere sich freundlich über die Elektricität verständigen. Es ist Thatsache, dafs die von der heifsen Calanderwalze, die mit Papier überzogen ist, ablaufenden Papierblätter halb Zoll lange Funken schlagen.

Die elektrischen Erscheinungen im Gewitter sind blofs *zweiten Ranges*, nothwendige Folge der unter bestimmten

Umständen stattfindenden Reibung. Die Menge der in Elektricität übergegangenen mechanischen Kraft ist ein undenkbar kleiner Antheil von der ganzen zur Thätigkeit gekommenen Sonnenkraft. Der Blitz und Donner erregen uns Schrecken durch die Wirkung auf unsere Sinne, und haben dadurch zu der falschen Schätzung geführt. Die bewegende Kraft in dem niederstürzenden Regen und kalten Luftstrom ist eine unendlich gröfsere, als die der Blitzschläge, die wirkungslos an einem nicht sehr starken Eisenstab in die Erde verlaufen. Welcher Eisenstab wäre stark genug die vereinigte mechanische Kraft eines Gewitters aufzunehmen?

In einem Gewitter bemerkt man sehr oft die Erscheinung, dafs nach einem starken Blitz heftiger Regen eintritt. Dove führt einen Fall an, wo die einzelnen Entladungen durch Aufhören des Regens getrennt waren. Weil die Regen auf den Blitz folgen, kam man bis zu der Erklärung, dafs das Wasser durch Verbrennen von Wasserstoff entstanden sey, von dem wir in der Natur keine Spur im freien Zustande finden.

Die elektrische Entladung war die Folge einer heftigen Bewegung, die durch Hereinstürzen kalter Luftschichten entstand und reichlich Wasser verdichtete. Den Blitz sah man sogleich, den Donner hörte man mit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 1030 par. Fufs in der Sekunde, aber der Regen mufste lange nachher ankommen. Der Regen war aber dennoch nicht die Folge des Blitzes, sondern seine Ursache.

Wenn man genau die Zeiträume zwischen Blitz, Donner und Regen beobachtete, so könnte man eine Schätzung der Fallgeschwindigkeit des Regens versuchen. Der Zwischenraum zwischen Donner und Blitz giebt die Höhe des Blitzes, und der Zeitraum zwischen Blitz und Regen giebt die Fallzeit des Regens für den nun bekannten Fallraum.

Noch ist die besondere Gefährlichkeit der Gewitter im Winter und *Frühjahr zu erwähnen.* Im Februar 1861 durch*zog ein heftiges Gewitter* die untere Rheingegend, wobei

der Blitz in 15 Kirchen einschlug und mehrere davon niederbrannte. In der kalten Jahreszeit ist die Menge des aufgelösten Wassers kleiner und nur nahe an der Erde bedeutend. Eine Verdichtung mit Vacuumbildung kann also nur hier stattfinden. Bei dieser Nähe der Wolkenschicht an der Erde übt diese elektrische Wirkung gegen die Wolken aus, und der Blitz kann sich eben so leicht von Wolke zur Erde als von Wolke zu Wolke entladen, wie es bei hohen Gewittern der häufigere Fall ist. In südlichen Gegenden können die Gewitter höher liegen und deshalb gefahrloser verlaufen. Dafs einzelne Gegenden besonders dem Hagelschlag und Gewittern ausgesetzt sind, kann nur in Verhältnissen der Erdoberfläche gesucht werden und gehört nicht hierher.

Die Abkühlung nach Gewittern.

Auch diese Erscheinung erregt die Verwunderung jedes Menschen. Der Physiker ist noch schlimmer daran wie der gewöhnliche Mensch, weil er weifs, dafs Wasserverdichtung, Reibung, Blitz nur Wärme erregen können.

Die Abkühlung nach Gewittern ist einfach der Durchmengung der obern kalten und untern warmen Schichten der Atmosphäre zuzuschreiben. Wenn die Gewitterwolke eine senkrechte Höhe von 10000 bis 12000 Fufs haben kann, und auch die unter dem Gewitter befindliche Luftschicht 6000 bis 8000 Fufs betragen kann, wenn ferner nach der Barral'schen Luftfahrt auf 21000 Fufs Höhe schon eine Temperatur von — 39° C. im Juli vorkommen kann, so wäre es unbegreiflich, wenn das Durchpeitschen der beiden Luftschichten nicht eine ungeheure Abkühlung der unteren zur Folge hätte. Woher kann der senkrecht mit dem Regen herabstürzende Luftstrom, welcher die Bäume zur Erde beugt, anders kommen, als aus den über dem Gewitter gelegenen Luftschichten? Da es auf der Erde *keine andere* Wärmequelle giebt, als die der Sonnenstrahlen *auf dem Boden*, und keine andere Kältequelle, als der

ewige Verlust der Wärme durch Ausstrahlen, so ist diese Erklärung vollkommen folgerichtig.

Wenn nach dem Gewitter starke Abkühlung eintritt, so setzen dieselben eine Zeitlang aus. So wie die untere Luft abgekühlt ist, ebenso ist die obere erwärmt worden, und dadurch der Gegensatz, auf dem die Vacuumbildung beruht, vermindert. Erst nach längerer Sonnenwärme erscheinen dann wieder Gewitter. Tritt aber keine Abkühlung ein, und verdunstet der erhaltene Regen im warmen Sonnenstrahl, so kann am folgenden Tage wieder ein Gewitter kommen. So im Jahre 1811 und 1862 bis heute, wo fast täglich ein Gewitter zieht und darnach hohe Wärme bei klarem Himmel eintritt. Warum nicht alle Gewitter gleich stark abkühlen, mag in der Temperatur der obern Luftschichten seinen Grund haben, die auf derselben Höhe in den beiden angeführten Luftfahrten einen Unterschied von — 30° C. zeigten.

Die barometrischen Erscheinungen.

Ein über mein Barometer schwebender Luftballon drückt auf dasselbe, als wenn sein körperlicher Raum mit Luft von der Dichtigkeit der umgebenden erfüllt wäre. Ein über dem Barometer schwebender Wassertropfen drückt mit dem Gewichte eines gleichgrofsen Volums Luft. Wenn also Wasser aus der Dampfform in die flüssige übergeht, so verliert er beinahe ganz seine Wirkung aufs Barometer. Ein Cubikmeter Wasserdampf von 0° C. auf der angenommenen Höhe des halben Barometerstandes drückt mit seinem ganzen Gewichte von 3 bis $3\frac{1}{2}$ Grm. Nach der Verdichtung zu Wasser bildet er 3 bis $3\frac{1}{2}$ Cubikcentimeter Masse, und drückt nunmehr mit dem Gewicht von 3 bis $3\frac{1}{2}$ Cubikcentimeter Luft; das ist mit weniger als dem 300000sten Theil seines früheren Druckes. Daher ist jede Verdichtung von Wasserdampf mit einer Entlastung des Barometers verbunden: dieses mufs nothwendig fallen. Während der Bildung des Gewitters *findet diese* Entlastung ununterbrochen *statt. Je schwärzer die Wolke* wird, desto mehr Wasser

hat sie der Wirkung auf das Barometer entzogen. In den entstandenen leeren Raum strömt von allen Seiten Luft hinein, die nun ihren Wasserdampf wieder absetzt, und neuer Luft wieder Raum macht. Es mufs also in der ganzen Umgebung des Gewitters das Barometer fallen, weil von allen diesen Orten Luft nach der Verdichtungsstelle hinströmt. Das Fallen des Barometers zeigt sich vor dem Ausbruch des Gewitters, weil es von der Verdichtung der Wasserdämpfe nicht von ihrem Herunterfallen bedingt ist. Oft fällt das Barometer im Sommer ohne dafs ein Gewitter kommt. Es kann aufserhalb des sichtbaren Theiles des Himmels vorüberziehen, ohne bemerkt zu werden. Aber die Luft strömt nach der Stelle hin. Der tiefste Barometerstand mufs unter dem Trichter selbst stattfinden, so wie denn auch bekanntlich Hagel ein besonders rasches und schnell vorübergehendes Fallen des Barometers veranlafst.

Verdunstung von Wasser mufs die Summe des Barometerdruckes erhöhen, weil dadurch Stoffe auf das Barometer zu drücken kommen, welche vorher auf dem Erdboden lasteten. Allein diese Verdunstung geht so langsam vor sich, dafs sich die dadurch entstandene Zunahme sehr gut ausgleichen kann. Rasche und bedeutende Bewegungen des Barometers hängen immer mit Wasserverdichtungen zusammen, selbst wenn diese Hunderte von Meilen von uns entfernt vor sich gegangen sind. Unter den Tropen ist das Sinken des Barometers ein niemals trügendes Zeichen eines nahenden Sturmes.

Die Behauptung, dafs mit Wasserverdunstung das Barometer steigen müsse, scheint mit der allgemein angenommenen Ansicht, dafs eine warme feuchte Luft einen niedrigeren Barometerstand bedinge, als eine kalte trockne, nicht zu stimmen. In der That steht das Barometer bei Ost- und Nordwind in der Regel höher als bei Süd- und Westwind. Es bedarf einer Erklärung diesen scheinbaren Widerspruch auszugleichen. Bei gleichem Druck und Temperatur ist beispielsweise Wasserstoff 14 mal leichter als atmosphärische Luft. Eine Atmosphäre von Wasserstoff würde,

abgesehen von der nach oben abnehmenden Schwere der Erde, 14mal so hoch seyn als eine von gemeiner Luft, um das Barometer auf 760 Mllm. zu heben. Das Höherseyn der einen Atmosphäre heifst aber nichts anders, als Hineinragen in den luftleeren Raum. Das ist aber absolut unmöglich, weil die höhere Atmosphäre in den leeren Raum seitlich abfliefsen würde. Es kann also an der obern Gränze der Atmosphäre ein Höhenunterschied nicht stattfinden. In diesem Falle würde die Wasserstoffatmosphäre leichter als die gemeine seyn.

Nach Gay-Lussac's Versuchen ist die Dichtigkeit oder das spec. Gewicht des Wasserdampfes $\frac{5}{8}$ von dem der Luft bei gleichen Bedingungen. Enthält eine Atmosphäre Wasserdampf, so mufs sie bei der nothwendigen gleichen Höhe der Atmosphäre absolut leichter seyn als eine trockne. Dasselbe gilt von warmer und kalter Luft. Nun ist aber die feuchtere Luft auch die wärmere. Es sind also zwei Gründe vorhanden, welche die südliche Luft weniger auf das Barometer drücken lassen, als die nördliche kalte und trockne. Nothwendig mufs nun auf gleicher horizontaler Höhe, also etwa am Meeres-Ufer, die schwerere Atmosphäre in die leichtere eindringen, weil letztere einen geringeren Widerstand leistet, d. h. niedrigeren Barometerstand hat. Es würde diefs jedenfalls zum Ausgleichen aller Barometerstände auf der Erde führen, wenn nicht die Ursache der Verschiedenheit, nämlich Verdunstung und Erwärmung unter den Tropen, Wasserniederschlag und Erkaltung unter solchen Breiten, immer wirksam bleiben. Es ist diefs der einzige physikalische Grund, warum südliche Luftströmungen in der Regel mit weniger hohem Barometerstand begleitet sind, als nördliche, und es liegt darin kein Widerspruch gegen die andere Behauptung, dafs Bildung von Wasserdampf aus flüssigem Wasser die Atmosphäre schwerer macht, nämlich die Summe der ganzen Atmosphäre.

Das Nordlicht.

Da in der Ueberschrift *dieses* physische Räthsel nicht *genannt ist, so liegt keine* Verbindlichkeit vor, es hier zu

besprechen. Wir versuchen gleichwohl dasselbe in den Kreis unserer Anschauungen zu ziehen, und haben dabei um so mehr freie Hand, als überhaupt über dessen Entstehung noch gar keine Ansichten geäufsert sind (vergl. Müller's kosmische Physik 2. Aufl. S. 546 u. folg.).

Führen wir uns zunächst die unzweifelhaft feststehenden Thatsachen darüber vor das Gedächtnifs.

Das Nordlicht ist eine rein atmosphärische Erscheinung. Aufser seinem Auftreten in der Atmosphäre spricht dafür sein unregelmäfsiges Erscheinen, seine wandelbare Verbreitung. Keine Verhältnisse im Innern der Erde könnten in dieser Art wandelbar seyn, und deshalb kann von Ausflüssen elektrischer oder magnetischer Kraft aus der Erde nicht die Rede seyn.

Das Nordlicht ist eine elektrische Erscheinung. Dafür spricht die Aehnlichkeit seines Lichts mit dem Licht der Elektricität in lichtverdünnten Räumen und seine Wirkung auf die Magnetnadel.

Ein Einfluſs der erdmagnetischen Kraft ist darin zu erkennen, dafs die Strahlen fast immer im magnetischen Meridian liegen, oder aus dem magnetischen Pol auszugehen scheinen.

Zu der Zeit, als man seine Elektrisirmaschinen mit Kohlenfeuer wärmte, um Funken ziehen zu können; als der leiseste Hauch von Feuchtigkeit auf den Glasfüfsen und der Scheibe jede Spur von Elektricität vernichtete, würde man nicht geglaubt haben, dafs man mit Dämpfen kochenden Wassers fufslange elektrische Funken mit der Schnelligkeit eines Trommelwirbels erzeugen könnte. Und dennoch kam es so. Die Dampfelektrisirmaschine hat die mit Kohlenfeuer getrocknete Reibungsmaschine überflügelt. Wer mit Baumwollengespinnst und Papier Elektricität erregen wollte, würde seine grofse Mühe haben, diefs ins Werk zu setzen. Und dennoch erscheinen in den Kattundruckereien und den Fabriken von endlosem Papier solche massenhafte Entwicklungen von freier Elektricität, dafs *man genöthigt* war eigene Ableitungsapparate anzubringen,

weil sie zu einer wirklichen Belästigung für die Arbeiter wurde.

Erregen nun an einander geriebene Wassertropfen Elektricität, so ist es nicht undenkbar, dafs auch trockne Luftschichten, wenn sie in entgegengesetzter Richtung über einander strömen, in sehr luftverdünnten Räumen, die der Fortpflanzung der Elektricität günstig sind, elektrische Erscheinungen erregen.

Wir finden nämlich im ganzen Bereiche der Natur keine andere Kraft mehr, aus welcher Elektricität entstehen könnte, als gemeine mechanische Kraft, die, aus der Sonnenwärme herstammend, die Form bewegter Luft und bewegten Wassers angenommen hat. Mit dem bewegten Wasser haben wir die elektrischen Erscheinungen des Gewitters und des Hagels erklärt, und so bleibt uns für die elektrische Erscheinung des Nordlichts nur die bewegte Luft übrig. Allerdings sind die Verhältnisse etwas verschieden, denn Wasser ist gegen Luft fast wie ein fester Körper anzusehen. Aber auch die Erscheinungen sind sehr verschieden. Während der Blitz Bäume spaltet und Metalle schmelzt, erscheint das Nordlicht nur als ein schwaches Leuchten in sehr hohen luftverdünnten Räumen. So wie das Gewitter nur unter bestimmten Verhältnissen und selten sich bildet, so mufs auch das Nordlicht an solche Verhältnisse geknüpft seyn, weil es, wie das Gewitter, ganz unregelmäfsig erscheint. Zu dem Begegnen solcher entgegengesetzt strömenden Luftschichten ist auf unserer Erde Veranlassung genug vorhanden. Die letzte Ursache des Nordlichts dürfte wohl, wie die des Gewitters, unter den Tropen liegen. Hier entsteht, nach ganz bekannten Ansichten, der aufsteigende Luftstrom, der durch den Polstrom ersetzt werden mufs. Beide, zusammen mit der Drehung der Erde um ihre Axe, geben nach bekannten Erklärungen den Passatwind, und den rückkehrenden Passat. Der Passatwind, der seinen Namen davon hat, dafs man mit seiner Hülfe die Ueberfahrt, *passata*, von Spanien nach Brasilien macht,

ist an dem Punkte seiner Entstehung noch kein Passatwind, sondern reiner Nordwind. Er wird seinen Anfang nicht im irdischen Pol, sondern im Kältepol haben, der mit dem magnetischen Pol zusammenfällt, da man die Lage beider Pole auf 30 bis 40 Meilen genau nicht angeben kann. Wegen dieses Zusammenfallens der beiden Pole müssen die Strahlen des Nordlichts ebensowohl nach dem magnetischen als dem Kältepol gerichtet seyn, und es wäre alsdann die Thatsache richtig aber die Erklärung falsch.

Das Zusammentreffen der Nordlichtstrahlen in einer bestimmten nicht wandelbaren Richtung mit unserer Erde ist allerdings am schwierigsten zu erklären. Es steht nicht ganz fest, ob es immer zutrifft, allein da keine zuverlässigen Thatsachen bekannt sind, die es in Abrede stellen, so bleibt uns nichts übrig, als daran festzuhalten und auch dieser Schwierigkeit gerecht zu werden. Sicherlich trifft es in den allermeisten Fällen ein, und das würde durch die Richtung der Luftbewegung erklärt werden. Wenn es aber in allen Fällen ohne Ausnahme eintritt, dann würde die Wahrscheinlichkeit nicht hinreichen, die Luftbewegung allein als einzige Ursache anzusehen.

Wir nehmen also an, dafs an der Gränzfläche zweier in entgegengesetzter oder verschiedener Richtung strömender Luftschichten elektrische Erregung stattfinde, die, so lange sie dauert, durch eine Reihe kleiner elektrischer Entladungen immer wieder ausgeglichen werde. Sobald die Elektricität Wärme und Licht wird, hat sie aufgehört Elektricität zu seyn. Die entladenen Wolken und die entladenen zwei Flächen der Leidner Flasche haben nach dem Funken ihre Elektricität verloren, und das ist nach dem Prinzip der Erhaltung der Kraft ganz richtig, weil man Wärme und Licht der Entladung nicht umsonst haben kann. So lange das Nordlicht leuchtet, so lange ist die Ursache seiner Entstehung thätig. Die Entladungen müssen querüber von Schicht zu Schicht, also senkrecht auf der Richtung des Lichtstrahls stattfinden. Das blitzartige Aufleuchten vorher dunkler Stellen des Himmels spricht für die an-

genommene Voraussetzung, dafs die Luftschichten stofsweise rascher oder langsamer gehen, wie man es bei Wind beobachtet. Ist das Licht elektrischer Natur, was der Augenschein zeigt, so mufs es auf die Magnetnadel wirken; oder auch umgekehrt, weil es auf die Magnetnadel wirkt, mufs es elektrischer Natur seyn. Der Zusammenhang ist in beiden Schlufsweisen derselbe.

Eine wesentliche Stütze findet diese Ansicht in dem Nordlichtgeräusch, dessen Wirklichkeit aufser allem Zweifel liegt. Die Fälle, wo man es nicht gehört hat, können diejenigen nicht entkräften, wo man es mit Bestimmtheit gehört hat. Arago hat darüber eine Menge von Zeugnissen gesammelt (*Oeuvres complètes T. IV*, 536).

Einer nennt es ein Rauschen (*rustling*) und vergleicht es mit dem Bürsten von Seide (*brushing of silk*); ein Anderer nennt es ein Geknitter (*crackling noise*). Dr. Gisler vergleicht es mit dem Geknister, welches einige chemische Stoffe bei ihrer Zersetzung zeigen. Parrot vergleicht es mit dem Geräusch der stark vom Winde getriebenen Flamme einer Feuersbrunst. Alle diese Zeugnisse sprechen für unzählige kleine Funkenentladungen, deren Reihefolge in der Richtung des Lichtstrahls liegt, die selbst aber senkrecht dagegen liegen. Ueberhaupt mufs das Geräusch an Ort und Stelle furchtbar seyn, weil es aus zu lichtverdünnten Höhen zur Erde gelangt, und weil wir wissen, dafs der Schall des Donners nicht über 3 bis 4 Meilen gehört wird. Vor einigen Jahren sah ich in einem abziehenden Gewitter bei Nacht den ganzen Blitzstrahl, konnte aber keinen Donner mehr hören, trotz angestrengter Aufmerksamkeit, da ich das Chronometer am Ohr hatte. Wenn also das Nordlichtgeräusch nur in einzelnen Fällen und besonders im hohen Norden gehört wurde, so beweist das nichts dagegen, dafs es immer vorhanden sey, auch wenn es nicht gehört wird.

Der irdische Magnetismus ist eine Summe von Erscheinungen, welche die Ablenkung und Neigung der Magnetnadel, und die wechselnde Stärke (Intensität) hervorbringt

Es wird Niemand einfallen zu glauben, die Substanz der Erde sey magnetisch, oder es stecke ein Magnetstab in der Erde. Die Abhängigkeit der magnetischen Erscheinungen von der Wärme, von der Gestalt des Landes und des Meeres liegt zu offen, als dafs man zweifeln könnte, dafs sie damit im ursachlichen Zusammenhang stehe. Der Zusammenhang ist noch nicht verrathen. Wir wissen absolut nichts von der Art und Weise, wie die Wirkung von Sonne auf Meer und Land die Erscheinungen des Erdmagnetismus hervorbringt. Das Zusammenfallen des Kältepols mit dem magnetischen ist gewifs nicht zufällig, sondern ursächlich bedingt. Wenn nun eine Summe von Wirkungen besteht, die man sich durch einen schief in der Erde steckenden Magnetstab verdeutlichen kann, so könnte diese richtend auf andere elektrische Ströme wirken.

Die allgemeinen Gesetze sind: bewegliche Leiter, in denen gleichlaufende Ströme circuliren, ziehen sich an; und: wenn ein Leiter in der Nähe eines Magneten bewegt wird, so entsteht ein Strom senkrecht auf die Bewegung des Leiters. Es ist mir allerdings nicht gelungen unter Anwendung dieser Gesetze, die Richtung der Nordlichtstrahlen auf den magnetischen Pol zu erklären; allein dieſs hebt nicht die Ansicht auf, dafs das Nordlicht aus elektrischen Entladungen entstehe, die durch Bewegung trockner und sehr verdünnter Luftschichten in entgegengesetzter Richtung erzeugt werden. Aus diesem Grunde kann die Deutung des Nordlichts nicht mit der Erklärung des Hagels und Gewitters auf gleiche Linie gestellt werden.

Die oben mitgetheilte Darstellung ist das Ergebnifs des Zufalls und eines Augenblicks. Im Anfang des Monats Mai fiel bei warmem Wetter ein leichter Hagelschauer in meinen Garten. Vor mir lagen die weifsen gefrornen Körner neben dem warmen Regen, und wühlten die ganze trostlose Gedankenreihe vom Hagel auf. Auf einmal blitzte es: das ist die Kälte der obern Luftschichten,

»Da flöste mir der Geist es ein,
Froh rief ich aus, ich hab's gefunden.«

VI. *Zur Polarisation des Lichtes durch einfache Brechung; von C. Bohn.*

In diesen Annalen Bd. 114 S. 173 ff. hat Fr. Pfaff eine Mittheilung *über die Gesetze der Polarisation durch einfache Brechung* gemacht. Als allgemeines Ergebnifs seiner experimentellen Untersuchung stellt er den Satz auf: »*Die Polarisation eines einfach gebrochenen Lichtstrahls nimmt zu mit der Abnahme des Winkels, unter dem er auf die brechenden Platten auffällt, und mit der Zunahme der Plattenzahl.*« Ein bestimmtes Gesetz, nach welchem die Stärke der Polarisation des gebrochenen Lichtes von der Plattenzahl und dem Einfallswinkel des natürlichen Lichtes abhängt, wird nicht aufgestellt.

Schon seit geraumer Zeit hat man aus den Principien der Undulationstheorie mit Zuziehung einer besonderen Annahme über die Vertheilung der Bewegung zwischen unmittelbar benachbarten Aethertheilchen des ersten und des zweiten optischen Mittels die Gesetze abgeleitet, nach welchen das Verhältnifs des polarisirten Antheils zu der gesammten gespiegelten oder gebrochenen Lichtmenge von dem relativen Brechungsexponenten, dem Einfallswinkel und der Plattenzahl abhängt.

Für natürliches Einfallslicht fand man:

Gespiegeltes Licht:

Gesammtmenge:

$$\tfrac{1}{2}G+\tfrac{1}{2}H=\tfrac{1}{2}\frac{2l\alpha}{1+(2l-1)\alpha}+\tfrac{1}{2}\frac{2l\beta}{1+(2l-1)\beta}$$

davon ist

polarisirt:

$$\tfrac{1}{2}G-\tfrac{1}{2}H=\frac{l(\alpha-\beta)}{[1+(2l-1)\alpha]\,[1+(2l-1)\beta]}$$

natürlich:

$$H=\frac{2l\beta}{1+(2l-1)\beta}$$

Verhältnifs des polarisirten Antheils zur Gesammtmenge:

$$\frac{G-H}{G+H}=\frac{\alpha-\beta}{\alpha+\beta+2(2l-1)\alpha\beta}$$

I.

Gebrochenes Licht

Gesammtmenge:

$$\tfrac{1}{2}K+\tfrac{1}{2}L=\tfrac{1}{2}\frac{1-\alpha}{1+(2l-1)\alpha}+\tfrac{1}{2}\frac{1-\beta}{1+(2l-1)\beta}$$

davon ist

polarisirt:

$$\tfrac{1}{2}L-\tfrac{1}{2}K=\frac{l(\alpha-\beta)}{[1+(2l-1)\alpha]\,[1+(2l-1)\beta]}$$

natürlich:

$$L=\frac{1-\beta}{1+(2l-1)\beta}$$

II.

Verhältnifs des polarisirten Antheils zur Gesammtmenge:

$$\frac{L-K}{L+K}=\frac{2l(\alpha-\beta)}{2-(\alpha+\beta)+(2l-1)(\alpha+\beta-2\alpha\beta)}$$

In diesen Formeln bezeichnet:

l die Anzahl der Platten aus einfach brechender Substanz,

α den Ausdruck $\frac{\sin^2(i+r)}{\sin^2(i+r)}$

β den Ausdruck $\frac{\mathrm{tg}^2(i-r)}{\mathrm{tg}^2(i+r)}$

, worin i den Einfallswinkel, r den Brechungswinkel bedeutet.

Diese Formeln finden sich z. B. in Billet, *Traité d'optique physique T. I p.* 414, 419. (Auch in diesen Annalen Bd. 99 S. 240 waren sie von Wild, der sie in Neumann's Vorlesungen kennen lernte, bei Beschreibung eines Photometers angegeben.) Sie sind aus den Fresnel'schen Intensitätsformeln abgeleitet. Von diesen ist nachgewiesen, dafs sie unvollständig sind, weil sie keine Rechenschaft geben über die, zuerst von Jamin ausführlich beobachteten Phasenänderungen der zwei Componenten eines natürlichen Lichtstrahles, welche bei der Reflexion stattfinden; man weifs aber auch, dafs die Fresnel'schen Formeln eine genügende Annäherung an die Wahrheit geben, wenn es sich *nur* um die Intensität, nicht um den Polarisationszustand handelt. (Jamin, *Ann. de chim. et de phys.* [3] *T. XXIX p.* 269.) Aus diesem Grunde sind die obenstehenden Formeln I und II auch den nachfolgenden Bemerkungen zu *Grunde gelegt* und ist von den genaueren Ausdrücken,

welche aus den vollständigeren Intensitätsformeln von Haughton, Cauchy u. And. abgeleitet werden können, abgesehen worden.

Man überzeugt sich leicht, dafs die unter I und II aufgestellten Functionen des Einfallswinkels i für bestimmte Werthe von i eines Maximums und für andere eines Minimums fähig sind, wenn die Anzahl der Platten l und der Brechungsexponent n, welcher implicite in dem Brechungswinkel s enthalten ist, constant bleiben.

Leitet man aus diesen Functionen die ersten Differentialquotienten nach i ab und setzt sie der Null gleich, um die Bedingungen für die Minima zu erkennen, so gelangt man zu transcendenten, nicht auflösbaren Gleichungen, deren Formen aufserdem so verwickelt sind, dafs ihre Mittheilung an dieser Stelle ungeeignet erscheint.

Auch ohne diese weitläufigen Rechnungen vorzunehmen, kann man das allgemeine Resultat der Pfaff'schen Untersuchung in eine Vergleichung mit der Theorie der Brechung in Plattensäulen bringen, wenn man sich nur eines von Arago aufgestellten Gesetzes erinnert. Dieses Gesetz lautet: *Bei jeder Plattenzahl und bei jeder Incidens des natürlichen Lichtes sind die Mengen polarisirten Lichtes, welche im gespiegelten und im gebrochenen Licht enthalten sind, gleich grofs.*

Bei sehr grofsen Einfallswinkeln wird sehr viel Licht reflectirt und wenig durchgelassen. Ist nun von dem reflectirten Lichte auch nur ein sehr geringer Bruchtheil polarisirt, so kann diese kleine Menge polarisirten Lichtes, die ja auch im gebrochenen Licht vorhanden ist, ganz wohl ein recht beträchtlicher Theil der kleinen Menge des gebrochenen Lichtes seyn. Hingegen wird bei kleinen Einfallswinkeln wenig Licht reflectirt, das meiste gebrochen. Selbst wenn also auch der gröfsere Theil des reflectirten Lichts polarisirt wäre, so ist es immerhin möglich, dafs das Verhältnifs dieser Menge polarisirten Lichtes zu der Gesammtmenge des durchgelassenen nur klein sey, kleiner als im *vorhergehenden Falle. Aus* dieser einfachen Betrachtung

erhellt also ganz wohl die Möglichkeit, dafs das bei grofser Incidenz gebrochene Licht einen höheren Grad der theilweisen Polarisation zeige, als das bei kleiner Incidenz durchgelassene.

Durch derartige Betrachtungen kann man es wahrscheinlich und durch Interpretation der oben mitgetheilten Formeln gewifs machen, dafs der von Pfaff aufgestellte allgemeine Satz — wenigstens seinem Wortlaut nach — *nicht* im Einklange mit den bisher für richtig gehaltenen Gesetzen steht. Nämlich das Maximum des Verhältnisses des polarisirten Lichtes zu der gesammten Menge des durchgelassenen findet nicht bei der streifenden Incidenz statt und deshalb kann nach jenen Gesetzen »*die Polarisation eines einfach gebrochenen Lichtstrahls mit der Abnahme des Winkels, unter dem er auf die brechenden Platten auffällt*« — nicht beständig — »*zunehmen*«, sondern nur so lange, bis der Einfallswinkel einen, vom Brechungsexponenten und der Zahl der Platten abhängigen Werth erreicht hat, um dann bei weiterem Wachsen des Einfallswinkels wieder abzunehmen.

Die von Pfaff mitgetheilten Beobachtungen — ihre Richtigkeit unangefochten lassend — berechtigen nun auch noch nicht zu dem daraus gezogenen allgemeinen Schlufs und es bleibt nun zunächst nachzusehen, ob sie mit den theoretischen Formeln übereinstimmen oder nicht. Der Wunsch, mir durch eine Vergleichung der Rechenergebnisse mit den Pfaff'schen Beobachtungen Belehrung zu verschaffen, war die Veranlassung zu dieser Arbeit.

Da meines Wissens, aufser zwei einzelnen Angaben, welche ich in dem schon oben citirten Werke von Billet fand, numerische Werthe der unter I und II aufgestellten Formeln für verschiedene Einfallswinkel noch nirgends mitgetheilt sind, diese Formeln aber nicht einfach genug sind um unmittelbar eine Vorstellung vom Gange der Zahlenwerthe der Functionen zu geben, so schien es mir nicht ganz unnützlich nachfolgend einen kleinen Theil meiner *Rechenergebnisse* zu veröffentlichen. Ich glaubte dabei na-

mentlich die Maximalwerthe hervorheben zu sollen. Ich werde endlich noch einiges über die versuchte experimentelle Prüfung der Rechenergebnisse beifügen.

Zunächst möge eine Vergleichung einiger Angaben Pfaff's mit den berechneten Werthen Platz finden. Nach jenen Angaben wäre das Verhältnifs des polarisirten zu dem gesammten durchgelassenen Licht *dasselbe*, wenn:

$l = 1$, $i = 84°$; $l = 2$, $i = 78°$; $l = 3$, $i = 72°$ usw.

Die Rechnung giebt diese Verhältnisse, wenn der Brechungsexponent von Glas zu 1,5 angenommen wird:

0,248, 0,432, 0,489, 0,536, 0,538, 0,515, 0,496 usw.

Ferner sollen nach Pfaff wieder *gleiche* Verhältnisse stattfinden, wenn:

$l = 2$, $i = 84°$; $l = 4$, $i = 75°$ usw.

während die Rechnung ergiebt:

0,37, 0,53, 0,59 usw.

Es stellt sich also eine vollkommene Verschiedenheit zwischen den Angaben der Formeln und den Resultaten von Pfaff heraus.

Die folgende Tabelle enthält die benachbarten Werthe für eine Säule von zwei Platten, deren Brechungsexponent $n = 1{,}5$ ist. In der ersten Spalte stehen die Einfallswinkel (i), in der zweiten das Verhältnifs des polarisirten Antheils zu der Gesammtmenge des gespiegelten Lichts (V_s), in der dritten eben diese Gesammtmenge des reflectirten Lichts (T_s). Die vierte Spalte giebt die Menge des polarisirten Lichts (P), welche Menge nach den Formeln gleich grofs im gespiegelten wie im gebrochenen Lichte ist; in der fünften Spalte findet sich die Gesammtmenge des gebrochenen Lichts (T_b) angegeben und endlich in der sechsten das Verhältnifs des polarisirten Antheils zu der Gesammtmenge gebrochenen Lichts. *Die Menge des einfallenden Lichts ist zur Einheit genommen.*

Der Ausdruck *Lichtmenge* ist kein guter. Die Zahlen der Tabelle geben Intensitätsverhältnisse, die Intensität des Einfallslichtes ist $= 1$ *gesetzt*. Bekanntlich wird aber die *Bezeichnung Lichtmenge trotzdem* fast allgemein angewendet

und ist auch hier beibehalten worden, weil sonst die Sätze gar zu weitläufig und schwerfällig werden.

2 Platten. $n = 1{,}5$.

Einfallswinkel i	Gespiegelt. Verhältnifs des polarisirten Antheils zum gesammten Licht V_s	Gespiegelt. Gesammtes Licht T_s	Polarisirtes Licht P	Gebrochen. Gesammtes Licht T_b	Gebrochen. Verhältnifs des polarisirten Antheils zum gesammten Licht V_b
88°	0,0226	0,9464	0,0214	0,0535	0,4000
86	0,0524	0,8873	0,0465	0,1126	0,4130
84	0,0906	0,8236	0,0746	0,1763	0,4231
82	0,1384	0,7567	0,1047	0,2432	0,4305
80	0,1960	0,6886	0,1350	0,3113	0,4337
75	0,3846	0,5143	0,2024	0,4856	0,4168
70	0,6144	0,3910	0,2402	0,6089	0,3945
65	0,8314	0,2960	0,2461	0,7039	0,3496
60	0,9697	0,2343	0,2272	0,7656	0,2968
55	0,9975	0,1967	0,1962	0,8032	0,2443
50	0,9248	0,1742	0,1611	0,8257	0,1951
45	0,7950	0,1605	0,1276	0,8394	0,1520
40	0,6405	0,1527	0,0978	0,8472	0,1155
35	0,4881	0,1514	0,0739	0,8485	0,0871
30	0,3546	0,1455	0,0516	0,8544	0,0760
25	0,2488	0,1431	0,0356	0,8568	0,0415
20	0,1518	0,1430	0,0217	0,8569	0,0253
15	0,0839	0,1430	0,0120	0,8569	0,0133
10	0,0351	0,1423	0,0050	0,8570	0,0058

Mit 5stelligen Logarithmen berechnet.

Nachstehend sind die *Maximalwerthe* des (T_b), des vollständig polarisirten (P) Lichts und des Verhältnisses des letzteren zu dem ersten oder mit andern Worten des Grades der Polarisation (V_b) des gebrochenen Lichts — für Säulen von 1 bis 10 Platten gegeben, immer den Brechungsexponenten zu 1,5 angenommen.

Der Polarisationswinkel ($\mathrm{tg}\, p = 1{,}5$) berechnet sich zu 56° 18′ 37″,1.

a) *Eine Platte.* Die Gesammtmenge des durchgelassenen Lichts (T_b) ist am gröfsten bei senkrechtem Einfallen des Lichts, gerade wie diefs bei nur *einer* spiegelnden *und* brechenden Fläche der Fall ist. Man erhält für

$i = 0°$ den Werth $T_s = 0{,}92307$. Der polarisirte Antheil (P) erreicht sein Maximum bei einer Incidenz $i = 72\frac{1}{2}°$ etwa. Er berechnet sich nämlich für:

$i = 72°$ $P = 0{,}19226$
$i = 72° 30'$ $P = 0{,}19239$
$i = 73°$ $P = 0{,}19214$

Das Verhältnifs des polarisirten Antheils zum gesammten gebrochenen Licht ist für:

$i = 86°$ $V_s = 0{,}3781$
$i = 88°$ $V_s = 0{,}3829$
$i = 89°$ $V_s = 0{,}3069$

Für die streifende Incidenz $i = 90°$ wird nach der Formel dieses Verhältnifs Null.

b) *Zwei Platten.* Die Menge des durchgelassenen Lichts ist immer noch bei senkrechter Incidenz am gröfsten. Man findet für $i = 0$: $T_s = 0{,}8571$. Das meiste polarisirte Licht erhält man bei einer Incidenz von beiläufig $66\frac{1}{2}°$, denn für:

$i = 66°$ wird $P = 0{,}2472$
$i = 66° 45'$ $P = 0{,}2472$
$i = 67° 30'$ $P = 0{,}2468$

Die Polarisation des durchgelassenen Lichts ist am wenigsten unvollständig bei etwa $79\frac{1}{7}°$ Einfallswinkel, denn für:

$i = 79°$ wird $V_s = 0{,}4335$
$i = 79° 30'$ $V_s = 0{,}4341$
$i = 80°$ $V_s = 0{,}4337$

c Drei Platten. Nicht mehr bei senkrechter Incidenz wird das meiste Licht durchgelassen, sondern dann, wenn der Einfallswinkel annähernd 20° beträgt. Denn für:

$i = 25°$ wird $T_s = 0{,}7994$
$i = 20°$ $T_s = 0{,}79988$
$i = 17° 30'$ $T_s = 0{,}79982$

Die gröfste Menge polarisirten Lichts erhält man bei einem Einfallswinkel von etwa $63\frac{1}{2}°$. Denn für:

$i = 62° 30'$ wird $P = 0{,}2834$
$i = 63° 30'$ $P = 0{,}2838$
$i = 65°$ $P = 0{,}2833$

Das Verhältnifs des polarisirten zum gesammten gebrochenen Licht ist am gröfsten, wenn der Einfallswinkel etwa 75° beträgt. Denn für:

$i = 73° 30'$ wird $V_s = 0{,}48715$
$i = 75°$ $V_s = 0{,}49206$
$i = 76°$ $V_s = 0{,}48952$

d) *Vier Platten.* Das meiste Licht wird bei $27\frac{1}{2}°$ Incidenz gebrochen. Für:

$i = 25°$ wird $T_s = 0{,}74994$
$i = 27° 30'$ $T_s = 0{,}75003$
$i = 30°$ $T_s = 0{,}74984$

P erreicht sein Maximum für $i = 62°$, denn für:

$i = 61°$ wird $P = 0{,}31095$
$i = 62°$ $P = 0{,}31159$
$i = 62° 30'$ $P = 0{,}3114$

V_s wird zum Maximum, wenn $i = 72°$ geworden, denn für:

$i = 70°$ wird $V_s = 0{,}5310$
$i = 72°$ $V_s = 0{,}53296$
$i = 73° 30'$ $V_s = 0{,}5314$

e) *Fünf Platten.* Bei $32\frac{1}{2}°$ wird das meiste Licht durchgelassen, für:

$i = 30°$ wird $T_s = 0{,}70702$
$i = 32° 30'$ $T_s = 0{,}71611$
$i = 35°$ $T_s = 0{,}70254$

Bei 61° wird am meisten Licht polarisirt, denn für:

$i = 60°$ wird $P = 0{,}33205$
$i = 61°$ $P = 0{,}33266$
$i = 62°$ $P = 0{,}33131$

und bei 70° ist die Polarisation des durchgelassenen Lichtes am vollständigsten, denn für:

$i = 69°$ wird $V_s = 0{,}5699$
$i = 70°$ $V_s = 0{,}5705$
$i = 71°$ $V_s = 0{,}5699$

f) *Sechs Platten.* Die gröfste Menge Licht geht durch die Säule, wenn der Einfallswinkel $48\frac{1}{2}°$ beträgt, denn für:

$i = 48°$ wird $T_s = 0{,}6798$
$i = 48° 30'$ $T_s = 0{,}6804$
$i = 49°$ $T_s = 0{,}6801$

Die absolute Menge des polarisirten Lichts ist am gröfsten bei dem Winkel von $59\frac{1}{2}°$, denn für:

$i = 59°$ wird $P = 0{,}3486$
$i = 59° 30'$ $P = 0{,}3498$
$i = 60°$ $P = 0{,}3490$

Die relative Menge polarisirten Lichts im gebrochenen Strahlenbündel ist am gröfsten bei etwa $68\frac{1}{2}°$ Einfallswinkel, denn für:

$i = 67° 30'$ wird $V_i = 0{,}6014$
$i = 68° 30'$ $V_i = 0{,}6019$
$i = 69°$ $V_i = 0{,}6016$

g) *Sieben Platten.* Das Maximum von T_i berechnet sich für $i = 51°$. Nämlich für:

$i = 50° 30'$ wird $T_i = 0{,}6588$
$i = 51°$ $T_i = 0{,}6589$
$i = 51° 30'$ $T_i = 0{,}6586$

P erlangt seinen gröfsten Werth für den Einfallswinkel 59°. Denn für:

$i = 58°$ wird $P = 0{,}3615$
$i = 59°$ $P = 0{,}3631$
$i = 60°$ $P = 0{,}3627$

Die Polarisation des gebrochenen Lichts ist am vollständigsten bei $68\frac{1}{2}°$ Incidenz, denn für:

$i = 68°$ wird $V_i = 0{,}6285$
$i = 68° 30'$ $V_i = 0{,}6294$
$i = 69°$ $V_i = 0{,}6277$

h) *Acht Platten.* Das meiste Licht läfst eine Säule von acht Platten dann durch, wenn der Einfallswinkel 52° beträgt. Denn für:

$i = 51° 30'$ wird $T_i = 0{,}64197$
$i = 52°$ $T_i = 0{,}64214$
$i = 52° 30'$ $T_i = 0{,}64207$

Sie polarisirt das meiste Licht bei dem Einfallswinkel von 59°, denn für:

$i = 58°$ wird $P = 0{,}3763$
$i = 59°$ $P = 0{,}38078$
$i = 59° 30'$ $P = 0{,}3747$

und am vollständigsten polarisirt sie das gebrochene Licht, wenn $i = 68°$. Denn für:

$i = 67° 30'$ wird $V_s = 0{,}6505$
$i = 68°$ $V_s = 0{,}6562$
$i = 68° 30'$ $V_s = 0{,}6503$

i) Neun Platten. Die Maxima finden statt bei den Einfallswinkeln von 53°, $58\frac{1}{2}°$ und $67\frac{1}{2}°$. Nämlich für:

$i = 52° 30'$ wird $T_s = 0{,}62858$
$i = 53°$ $T_s = 0{,}62868$
$i = 53° 30'$ $T_s = 0{,}62848$

Es wird für:

$i = 58°$ $P = 0{,}38427$
$i = 58° 30'$ $P = 0{,}38697$
$i = 59°$ $P = 0{,}28412$

und für:

$i = 67°$ wird $V_s = 0{,}6710$
$i = 67° 30'$ $V_s = 0{,}6746$
$i = 68°$ $V_s = 0{,}6682$

k) Zehn Platten. Das durchgelassene, theilweise polarisirte Licht ist von der gröfsten Helligkeit, wenn $i = 53\frac{1}{2}°$. Denn für:

$i = 53°$ wird $T_s = 0{,}61747$
$i = 53° 30'$ $T_s = 0{,}61770$
$i = 54°$ $T_s = 0{,}61758$

Der polarisirte Antheil ist am gröfsten, wenn $i = 58\frac{1}{2}°$. Denn für:

$i = 58°$ wird $P = 0{,}39288$
$i = 58° 30'$ $P = 0{,}39534$
$i = 59°$ $P = 0{,}39189$

Die möglichst vollständige Polarisation zeigt das gebrochene Licht, wenn die Incidenz 65° beträgt. Denn für:

$i = 64° 30'$ wird $V_s = 0{,}6908$
$i = 65°$ $V_s = 0{,}6913$
$i = 65° 30'$ $V_s = 0{,}6906$

l) Fünf und zwanzig Platten lassen das meiste Licht *durch*, wenn dieses unter einem Winkel einfällt, der nur *wenig kleiner* als der Polarisationswinkel ist und etwa $55\frac{1}{4}°$ *beträgt.* Denn für:

$i = 55°$	wird	$T_i = 0{,}5506$
$i = 55° 30'$		$T_i = 0{,}55198$
$i = 55° 45'$		$T_i = 0{,}55223$
$i = 56°$		$T_i = 0{,}55207$
Polarisationswinkel $i = 56° 18' 37'',1$		$T_i = 0{,}55165$

Die gröfste Menge polarisirten Lichtes erhält man bei einer Incidenz, die nur wenig gröfser als der Polarisationswinkel ist, nämlich $56\frac{3}{4}°$ beträgt. Denn für den Polarisationswinkel:

$i = 56° 18' 37'',1$	wird	$P = 0{,}448301$
$i = 56° 30'$		$P = 0{,}448734$
$i = 56° 45'$		$P = 0{,}448857$
$i = 57°$		$P = 0{,}448741$

Die vollständigste Polarisation zeigt das gebrochene Licht, nicht bei dem Polarisationswinkel, sondern bei einem noch merklich gröfseren Einfallswinkel, nämlich bei ungefähr $59\frac{1}{2}°$. Denn für:

$i = 59°$	wird	$V_i = 0{,}82794$
$i = 59° 30'$		$V_i = 0{,}83256$
$i = 60°$		$V_i = 0{,}82976$

Setzt man die Säulen aus immer mehr Platten zusammen, so nähern sich die Einfallswinkel für das Maximum des durchgelassenen, theilweise polarisirten Lichtes und für das Maximum des vollständig polarisirten Lichtes immer mehr dem Polarisationswinkel; der erstere bleibt aber stets etwas kleiner, der zweite stets etwas gröfser als der Polarisationswinkel. Auch der Einfallswinkel für die vollständigste Polarisation des gebrochenen Lichts nähert sich dem Polarisationswinkel, wenn die Plattenzahl zunimmt, aber nicht so rasch als die erst genannten Winkel und bleibt stets etwas gröfser.

Mehrere Physiker haben nach verschiedenen Methoden die Richtigkeit der Fresnel'schen Intensitätsformeln geprüft. Wirkliche photometrische Untersuchungen sind zu einer solchen Prüfung am wenigsten geeignet, weil Helligkeitsvergleichungen überhaupt nicht mit sehr grofser Genauigkeit vorgenommen werden können, und weil bei den

Versuchen jedesmal ein Absorptionscoëfficient ermittelt werden mufs, dessen Bestimmung sehr schwierig und nicht sehr zuverlässig ist. Auch ist ja bei den Formeln keine Rücksicht auf Absorption des Lichtes in den brechenden Mitteln genommen. Die Fresnel'schen Formeln zeigen eine Drehung der Polarisationsebene eines einfallenden geradlinig polarisirten Lichtstrahls an, wenn dieser gespiegelt oder gebrochen wird. Die Messung dieser Drehung ist sehr wohl ausführbar, und die Vergleichung der beobachteten mit der berechneten Drehung ist zur Prüfung der Richtigkeit der Formeln der wirklichen photometrischen Untersuchung vorzuziehen.

Ich habe zuerst die von Pfaff beschriebenen Versuche wiederholt, ohne ein bestimmtes Resultat erhalten zu können. Ferner habe ich eine Anzahl Beobachtungen in folgender Weise gemacht.

Ein weifser Schirm, entweder aus reinem oder aus mit Stearin durchtränktem Papier, wurde möglichst hell, durch directe Sonnenstrahlen oder durch das Tageslicht beleuchtet und entweder das von ihm diffus reflectirte oder das von ihm durchgelassene Licht durch die Glasplattensäulen geleitet. Das Licht ging zuerst durch zwei in passender Entfernung neben einander aufgestellte, genau gleichgrofse Oeffnungen, deren Flächeninhalt etwa den fünften Theil der freien Oberfläche der Säule ausmachte. Dann fiel das Licht auf die dicht nebeneinanderstehenden Säulen von wechselnder Plattenzahl. Sie waren aus sogenannten Birminghamer Deckgläschen aufgebaut. Den Brechungsexponenten dieser Gläschen hatte ich nach dem von Arago angegebenen Verfahren (findet sich beschrieben z. B. in Lamé, Lehrbuch der Physik, Deutsch von Schnuse, Bd. II, p. 318) bestimmt und von 1,5 nicht merklich verschieden gefunden. Die Säulen waren um horizontale Axen drehbar gegen die Richtung des Einfallslichts. Ihre Drehaxen waren in einem sehr stumpfen Winkel gegeneinander geneigt, so dafs die *Normalen der* Axen und also auch die durchgelassenen mittleren *Strahlen* nach einem Punkt in 1½ Fufs Entfernung von

den Säulen convergirten. Ein kleiner Schirm vom feinsten Durchzeichenpapier konnte in den Convergenzpunkt der Centralstrahlen gebracht, auch etwas mehr den Säulen genähert oder von ihnen entfernt werden. Das Ganze war in einer geschwärzten Pappröhre eingeschlossen und die zwei Lichtbündel mufsten, ehe sie den kleinen Schirm erreichten noch durch zwei hintereinanderstehende kleine, gleich grofse Diaphragmen gehen. War das kleine Schirmchen genau bis zu dem Convergenzpunkt geschoben, so beobachtete ein um die deutliche Sehweite davon abstehendes Auge zwei helle Bilder dicht neben einander. Entfernte man das Schirmchen weiter von den Säulen, so trat zwischen den hellen Bildern ein heller, von beiden Lichtbündeln beleuchteter Streifen auf, der nach Belieben breiter oder schmäler gemacht werden konnte. Schob man das Schirmchen näher an die Säulen als der Convergenzpunkt von diesem ablag, so trat zwischen den hellen Bildern ein schwarzer Streifen auf, dem eine wechselnde Breite gegeben werden konnte. Die Pappröhre war von einer Zwischenwand, die gleich hinter den Säulen begann und bis nahe zum Convergenzpunkt reichte, durchsetzt: eine Vermischung der zwei Lichtbündel konnte also erst hinter dem Convergenzpunkt eintreten. Da es sonach in meiner Willkühr stand die hellen zu vergleichenden Flecke sich dicht berühren oder eine helle oder eine dunkle Linie zwischen ihnen auftreten zu lassen, so waren die vortheilhaftesten Bedingungen zur photometrischen Vergleichung der zwei Strahlenbündel von gleichem Querschnitt geboten. An die horizontalen Axen der Säulen waren Zeiger befestigt, die bei der Drehung über getheilten Kreisen sich bewegten und deren Stand den jedesmaligen Einfallswinkel erkennen liefs.

Durch eine erste Reihe von Versuchen überzeugte ich mich, dafs die Intensität der zwei hellen Flecke gleich grofs erschien, wenn den Säulen solche Neigungen gegen das einfallende Licht gegeben waren, dafs die Rechnung gleiche Gesammtmengen *von durchgelassenem* Licht anzeigte. Ich

habe eine nicht unbeträchtliche Anzahl solcher Prüfungen vornehmen können, und *jedesmal* befriedigende Uebereinstimmung zwischen Beobachtung und Rechnung gefunden. Es ist, selbst wenn man die stattfindenden Absorptionen sorgfältig in Erwägung zieht, keine sehr grofse Genauigkeit zu erzielen, keine, die hinreichen würde, eine Vergleichung der Fresnel'schen mit den Cauchy'schen Intensitätsformeln anzustellen.

Ich habe rechnend die Einfallswinkel aufgesucht, bei welchen, für eine Säule von bestimmter Plattenzahl, die Intensität des gesammten, durchgelassenen Lichts am raschesten sich mit dem Einfallswinkel ändert, und habe die Rechnung nicht mit der Erfahrung im Widerspruch finden können. Ich habe mich überzeugt, dafs wenn das durchgelassene Licht der Rechnung nach ein Maximum der Helligkeit war, eine sehr merkliche Aenderung des Einfallswinkels keine erkennbare Aenderung der Helligkeit des betreffenden Strahlenbüschels verursachte.

Eine zweite Reihe von Versuchen wurde so gemacht, dafs die hellen Flecke nicht mit bloſsem Auge, sondern durch ein Nicol'sches Prisma, dessen Polarisationsebene senkrecht zu jener des theilweise polarisirten Lichtes stand, beobachtet wurden. Man sah dann nur die Hälften der nicht polarisirten Antheile, welche aus den übrigen Rechenergebnissen mit geringer Mühe folgen. Wegen der starken Verminderung der Helligkeit in Folge des Vorsetzens des Nicols hatten diese Versuche wenig Belehrendes. Bei günstigster Beleuchtung konnte ich einige Beobachtungen machen, die mit der Rechnung übereinzustimmen schienen; — ich lege dem aber einen sehr geringen Werth bei. Ueberhaupt habe ich die Ueberzeugung gewonnen, dafs auf photometrischem Wege eine exacte Prüfung der Fresnel'schen Formeln nicht wohl thunlich ist, — was auch schon anderwärts ausgesprochen wurde. Aus diesem Grunde scheint mir auch eine ausführlichere Mittheilung meiner Beobachtungen überflüssig.

Nur einiges Physiologische sey mir noch zu erwähnen

gestattet. — Betrachtet man längere Zeit die zwei halben Flecke nebeneinander, indem man die Augen und den ganzen Körper möglichst ruhig hält, so wird das Urtheil über das Helligkeitsverhältnifs schwankend. Am sichersten gelangt man wohl in folgender Weise zu einem guten Urtheil. Man bringt den Kopf an die Oeffnung und hält mittelst eines schwarzen Tuches alles seitliche Licht vom Auge ab. Man hält zunächst die Augen geschlossen, stützt den Körper bequem auf und wartet nun so lange, bis die Athemzüge ganz regelmäfsig geworden sind. Die Augen dürfen nicht heftig zugedrückt, sondern sollen nur leise geschlossen seyn. Oeffnet man sie nun nach dem längeren Abwarten, so wird der erste Eindruck fast immer ein richtiges Urtheil geben, das (bei kleinen Helligkeitsunterschieden) oft nur einige Sekunden lang volle Ueberzeugung gewährt und dann schwankend wird. — Eine Bemerkung von Steinheil, dafs von zwei gleich hellen benachbarten Stellen die fixirte weniger hell erscheint, als die indirect gesehene, habe ich oft an mir als richtig erproben können.

Und ebenso eine andere Bemerkung, die, wenn ich nicht irre auch von Steinheil herrührt: man erkennt zuweilen eine Ungleichheit in der Helligkeit benachbarter Stellen, ohne sicher sagen zu können, welches die hellere und welches die weniger helle sey. Ein Analogon habe ich bei der Beurtheilung der Tonhöhe wahrgenommen. Mein nicht musikalisch gebildetes Ohr erkennt ziemlich sicher noch kleine Differenzen in der Höhe zweier Töne, allein häufig bin ich nicht im Stande zu beurtheilen, welcher der zwei Töne der höhere sey. Ich habe nicht erfahren können, ob geübte Musiker *sofort* mit sich darüber einig sind, welcher von zwei wenig verschiedenen Tönen der tiefere sey.

Gieſsen im März 1862.

VII. *Ueber einige neue Beziehungen zwischen der Atomzahl und dem specifischen Gewicht der Elemente und einfachen Verbindungen;*

von Dr. H. Fleck,

Lehrer der Chemie an der königl. polytechnischen Schule zu Dresden.

I.

Die auf experimentellem Wege ermittelten Werthe für Bemessung physikalischer und chemischer Eigenschaften schliefsen sehr häufig noch andere Verhältnisse und Beziehungen ein, welche erst auf dem Wege der Rechnung an das Licht gezogen und zur Verwerthung gebracht werden können. In dieser Richtung erscheinen die Erwartungen, welche sich jetzt an die Verwendung der Mathematik zur Begründung neuer und zur Bestätigung bereits erkannter Wahrheiten knüpfen, gerechtfertigt und von diesem Gesichtspunkte aus wünsche ich, die folgende Arbeit beurtheilt zu sehen.

Eine grofse Reihe von Versuchen führte mich darauf hin, dafs zwischen der Atomzahl eines chemischen Elementes und dessen specifischem Gewicht in *festem* Zustande eine bestimmte Beziehung obwalten müsse, die aber vor der Hand nur durch die Aehnlichkeit chemischer Eigenschaften angedeutet war und um so weniger leicht in die Augen fallen konnte, als wir ja beobachten, dafs in allen den Fällen, wo die Atomzahlen zur Geltung kommen, die physikalischen Eigenschaften des Elementes stets andere werden. Nichts destoweniger mahnt uns der Isomorphismus einzelner Grundstoffe und ihrer Verbindungen an eine gewisse Gesetzmäfsigkeit in den Dichtigkeitszuständen, deren Schwankungen um so mehr in den Hintergrund treten, je compacter die *geometrisch* begränzte Form hervortritt. Gleichzeitig er-

kennen wir in den specifischen Gewichten fester Körper Zahlenwerthe, die verhältmäfsig geringen Schwankungen unter dem Einflufs mittlerer Temperaturdifferenzen unterworfen sind, gegenüber den Variationen in den Dichtigkeitszuständen gasförmiger Stoffe unter gleichmäfsig wechselnden Einflüssen.

Bezeichnet man mit a die Atomzahl, mit s das specifische Gewicht eines Stoffes, so treten bei den Chloriden, Iodiden und anderen Verbindungsgruppen in dem Quotienten:

$$q = \frac{a}{s}$$

fast constante Werthe hervor, welche bereits von Kopp ermittelt wurden und die wir als Cotangente des Winkels α betrachten können, welchen die durch einen in der Ebene gelegenen Punkt P gehende Gerade mit der Abscissenaxe eines rechtwinkligen Coordinatensystems bildet, wo dann a als Abscisse, s als Ordinate des Punktes P gilt.

Bei den Elementen ist obiger Werth q ein variabler, wie auch aus den von Kopp aufgestellten Atomvolumen der Grundstoffe hervorgeht, er wird aber zu einer *constanten Gröfse K*, sobald man dem Werthe a einen *variablen Factor n* beifügt, der, für Kalium $= 1$, bei den übrigen Elementen eine ganze Zahl ist und zu folgender Gleichung zweiten Grades Veranlassung giebt:

$$\frac{an}{s^2} = K^2, \qquad (1)$$

wo dann:

$$n = \frac{K^2 . s^2}{a}.$$

Die nach dieser Gleichung für die einzelnen *festen Elemente* aufgefundenen Werthe für n stehen nun in einer interessanten Beziehung zu deren physikalischem und chemischem Charakter. Ein Blick auf die anliegende Tabelle I zeigt, dafs der Werth n eine ganze Zahl ist.

Die Elemente	K	mit $n =$	1
	Na	$=$	2
	Ca	$=$	6
	Ba	$=$	3
	Mg	$=$	14
	Al	$=$	28
	Zn	$=$	84
	Fe	$=$	112
	Wo	$=$	168
	Ag	$=$	54
	Hg	$=$	108 usw.

stehen ihrem *Atomfactor* nach, mit welchem Namen der Werth n gemeint seyn soll, in sehr nahen Beziehungen und bieten eine Gleichmäfsigkeit dar, wie sie die oberflächliche Betrachtung der Atomzahlen und der zugehörenden specifischen Gewichte nicht ahnen läfst.

Einzelne Elemente, z. B. Mn, Cr und Au ($n = 100$), Zn und Mo ($n = 84$), besitzen gleiche Atomfactoren, bei anderen, wie bei Na, Ca und Sr; Mg, Al und Zn; Mo und Wo; Ag und Hg; Bi und Sn; J und Se; P und Bo, sind dieselben multiple Werthe. In der S. 144 folgenden Tab. I sind nun die festen Grundstoffe nach ihren specifischen Gewichten, wie dieselben als berechnet und gefunden in den vorletzten Colonnen angegeben sind, geordnet und gestatten in dieser Anordnung einen Vergleich behufs weiterer Untersuchungen über obige Werthe.

Die nach der Formel (1) berechneten Atomfactoren erheischten in den meisten Fällen geringe Veränderungen in den specifischen Gewichten selbst, welche jedoch immer erst in der zweiten Stelle des Decimalbruches liegen und um so weniger beachtet zu werden brauchen, je gröfser die Differenzen in den aus directer Bestimmung hervorgegangenen Werthen auftreten. In einzelnen Fällen möchte man sogar versucht seyn, ersteren den Vorzug zu geben, sobald sich die Atomfactoren als so nahe bezügliche Werthe zwischen den einzelnen Elementen kund geben und man die *Atomzahlen selbst* als *richtig* voraussetzt.

Vergleichen wir nun die jedem in Tabelle I verzeichneten Grundstoff zugehörenden Zahlen für die Werthe a, n, s und versuchen es, zwischen zwei Grundstoffen ein Verhältnifs festzustellen, so tritt uns, indem wir die entsprechenden Werthe für ein zweites Element mit a' n' und s' bezeichnen, aus der Gleichung:

$$\frac{an}{s^2} = \frac{a'n'}{s'^2} = K^2$$

die *Parabelgleichung:*

$$s^2 : s'^2 = an : a'n' \qquad (2)$$

entgegen, welcher zu Folge wir das Product aus Atomzahl und Atomfactor (an und $a'n'$) als Abscissen x und x', und die specifischen Gewichte (s und s') als Ordinaten y und y' einer Parabel von sehr geringem Krümmungshalbmesser zu betrachten haben, deren Parameter nach der Formel:

$$\frac{y^2}{2x} = p$$

den geringen Werth von 0,00955 .. erhält.

Der Betrachtung dieser Linie und der Messung der Entfernungen einzelner auf derselben vertheilten Parabelpunkte möge eine kurze Betrachtung über die Bedeutung des Atomfactors n für den chemischen und physikalischen Charakter der Elemente vorausgehen.

Durch Umgestaltung der Formel (2) in die Gleichung:

$$n : n' = s^2 a' : s'^2 a$$

geht hervor, dafs die Atomfactoren den Quadraten der specifischen Gewichte direct, den Atomzahlen umgekehrt proportional sind, und es ist sonach die Gröfse derselben sowohl von der Atomzahl wie vom specifischen Gewicht abhängig. Im Allgemeinen läfst sich dieser Auffassung zu Folge feststellen, dafs, je gröfser die Atomzahl bei verhältnifsmäfsig kleinem specifischen Gewicht, desto kleiner der Atomfactor selbst. Die Proportionalität zwischen den specifischen Gewichten des Kaliums und Natriums ergiebt sich sonach, sobald wir der Atomzahl des Natriums (= 23) den Atomfactor 2 beifügen; ein ähnliches Verhältnifs stellt sich bei dem leichtesten *der festen* Grundstoffe, dem Lithium,

heraus, dessen berechnetes specifisches Gewicht mit dem von Bunsen gefundenen Werthe um 0,04 differirt, vorausgesetzt, dafs die ihm jetzt gegebene Atomzahl = 7,0 richtig ist; da nun die Atomzahl wie das specifische Gewicht des Lithiums kleiner als die des Natriums sind, so mufs der Atomfactor des ersteren gröfser seyn und mithin mindestens die Zahl 3 erreichen.

Sollten ferner die Atomfactoren für Silber und Quecksilber das angegebene Verhältnifs erhalten, so mufste letzteres Metall im festen Zustande in Rechnung gebracht werden, in welchem dessen specifisches Gewicht von Regnault zu 14,4 bestimmt wurde. Dieser Zahl kommt der für dasselbe von mir berechneten = 14,363 so nahe, dafs die Atomfactoren als geltend betrachtet werden können; denn da das specifische Gewicht des Silbers beim Gefrierpunkte des Quecksilbers um eine kaum durch das Experiment bestimmbare Gröfse zunimmt, so kann der berechnete Werth für letzteres = 10,554, welcher dem direct gefundenen 10,53 so nahe steht, als dem specifischen Gewicht des Quecksilbers im festen Zustande entsprechend angesehen werden; berechnet man nämlich aus der von Lavoisier und Laplace gegebenen Tabelle, für die lineare Ausdehnung des Silbers, dessen cubische Ausdehnung um 1° C. auf 0,00005729, so beträgt dieselbe auf 1 Ccm. Silber bei einer Erwärmung auf 35° C. 0,002 Ccm., so dafs also, wenn das specifische Gewicht des Silbers bei — 35° C. = 10,554 wäre, dasselbe bei 0° C. = 10,533, — eine Differenz, welche der durch Vergleich verschiedener durch directe Bestimmung gefundenen Werthe (10,43 bis 10,53) noch nicht gleich kommt. Für diejenigen Elemente, welche gleiche Atomfactoren besitzen, ist das *specifische Gewicht der Quadratwurzel der Atomzahl proportional*, wie sich aus Formel (2) ergiebt, sobald man in dieser die für diesen Fall gleichen Atomfactoren n und n entfernt. Diefs gilt für Lithium und Barium, für Zink und Molybdän, für Nickel und Palladium, für Mangan, Chrom und Gold. In anderen Elementargruppen finden, wie schon oben angegeben, zwischen den Atom-

factoren einfache Verhältnisse statt, so dafs sich z. B. die specifischen Gewichte des Siliciums und Kohlenstoffs verhalten wie die Wurzel aus der doppelten Atomzahl des ersteren zu der dreizehnfachen Atomzahl des letzteren, also:

$$s : s' = \sqrt{2a} : \sqrt{13a'}$$

oder für Bor und Kohlenstoff:

$$s : s' = \sqrt{9a} : \sqrt{26a'}$$

Es geht aus diesen Betrachtungen zur Genüge hervor, dafs wir es in den Atomfactoren vor der Hand nur mit *Verhältnifszahlen* zu thun haben, welche, wie die Atomzahlen, jeden Augenblick ihre Gröfse ändern, sobald die Einheit eine andere wird. Ihr wissenschaftlicher Werth würde an Bedeutung gewinnen, sobald ihnen, wie den zugehörenden Atomzahlen, der Wasserstoff als Einheit untergestellt werden könnte, dessen specifisches Gewicht im festen Zustande sich aber aus den zu Gebote stehenden Formeln nicht ermitteln läfst, da durch Verwandlung der Gleichung (1) in:

$$\frac{s}{K^2} = \frac{s^2}{n}$$

sich letzterer Werth zu 0,01909 berechnet, wo dann, wenn man $n = 1$ setzen wollte, sich das specifische Gewicht des festen Wasserstoffs zu 0,1382 herausstellen würde, — eine Zahl, die vorläufig als unrichtig anzusehen ist, aber jedenfalls zu dem wirklichen specifischen Gewicht desselben in einem Verhältnifs steht, welches durch die Gleichung:

$$s = \sqrt{n \,.\, 0{,}01909}$$

angedeutet ist und bestimmt werden könnte, sobald der Atomfactor des Wasserstoffs (für Kalium = 1) gefunden ist. Ebenso berechnet sich aus den von Bunsen gefundenen Atomzahlen für:

Caesium = 123,35
Rubidium = 85,36

deren specifische Gewichte nach den Formeln:

Caesium $= s = \sqrt{n \,.\, 1{,}239\ldots}$
Rubidium $= s = \sqrt{n \,.\, 1{,}129\ldots}$.

Ist bei beiden, was aber nicht bestimmt vorauszusetzen, der Atomfactor = 1, so besitzt:

Caesium das spec. Gew. 1,536...
Rubidium » » » 1,276...

Dann würde der Punkt auf der Elementarparabel
für Caesium zwischen Calcium und Magnesium
für Rubidium zwischen Natrium und Calcium
zu liegen kommen.

Das aus den bisher entwickelten Formeln hervorgehende Gesetz zwischen den specifischen Gewichten und Atomzahlen der Elemente lautet daher:

Die Quadrate der specifischen Gewichte der festen Grundstoffe stehen zu dem Producte aus Atomzahl und Atomfactor in constantem Verhältnifs.

Dadurch ist den festen Elementen selbst eine neue Eigenschaft beigelegt, die uns dieselben in einer eigenthümlichen Beziehung zu einander erscheinen läfst, welche letztere wieder ihren Ausdruck in der Curve findet, auf welcher die einzelnen Elementarpunkte aufgetragen sind, und aus deren Vertheilung auf derselben sich schliefsen läfst, dafs wohl noch die Auffindung einer grofsen Zahl chemischer Grundstoffe zu erwarten stehe und wozu die Nachweisung der beiden neuen Alkalimetalle in letzter Zeit uns einen Beleg mehr liefert.

Eine Parabel, wie die hier gegebene, auf welcher der entfernteste Punkt 24 Meter vom Parabelanfang liegt (das Millimeter als Einheit angenommen) ist bei so geringem Parameter der geraden Linie nahe gleich zu stellen, so dafs, ohne merklichen Fehler, die Differenzen der Abscissen direct als lineare Entfernungen der Parabelpunkte betrachtet werden können, da nach der zur Berechnung ihrer Entfernung aufgestellten bekannten Formel der Punkt des Osmiums vom Parabelanfange 23,90468 Meter entfernt ist, also der Abcissenlänge = 23,904 so gut als gleich kommt. Aus diesem Grunde sind in der letzten Reihe der Tabelle I die *Entfernungen* der Elemente nach der Differenz der Abscissen *zusammengestellt*, und es geht daraus hervor,

1) dafs die Differenzen der Entfernungen keine gleichmäfsigen sind,

2) dafs die Entfernungen einzelner Parabelpunkte oft ein Vielfaches anderer betragen, z. B.:

Kalium von Natrium sey die Entfernung = 1

so ist:

Magnesium von Calcium nahezu = 7

Nickel von Kupfer nahezu = 11

3) dafs, weil die Entfernungen ungleichmäfsig sind, sich sowohl in den ersten, wie letzten Gliedern der Elementarreihe bedeutende und geringe Entfernungen vorfinden, die zu der oben ausgesprochenen Annahme über die Existenz noch nicht bekannter Elemente berechtigen.

Zwischen dem Aluminium und Antimon liegen als bekannt anzunehmen, aufser den bereits angegebenen Nichtmetallen noch die Metalle der Cergruppe, deren specifische Gewichte und Atomzahlen zum Theil noch ganz unbestimmt sind.

Die gegenseitige Entfernung der Metalle Kupfer, Wismuth, Silber und Blei ist so bedeutend, dafs zwischen ihnen noch eine grofse Zahl unbekannter Grundstoffe inneliegend angenommen werden kann. In noch erhöhterem Grade ist diefs zwischen Quecksilber, Wolfram, Gold und Platin der Fall.

Ob wir berechtigt sind, diese hypothetischen Voraussetzungen einer weiteren Prüfung zu würdigen, kann aus den bis jetzt ermittelten Beziehungen zwischen Atomzahl und specifischem Gewicht der Grundstoffe nicht genügend hervorgehen; es finden aber erstere einen Stützpunkt mehr in der Bedeutung des Werthes K in Formel (1).

Derselbe steht nämlich in sehr einfachem Verhältnifs zu dem von Kopp gefundenen Quotienten aus Molecularzahl und Dampfdichte der permanenten Dämpfe.

Bezeichnen wir unter Beibehaltung der obigen Werthe n als Molecularzahl, d als Dampfdichte eines Elementes, so ist:

$$\frac{\sqrt{an}}{s} = \frac{m}{4d} = 4K = 28{,}9432\ldots \quad (3)$$

also:

$$s : d = 4\sqrt{an} : m \quad (4)$$

Dieser Ausdruck, welcher eine gewisse Beziehung zwischen Dampfdichte und specifischem Gewicht der festen Körper aufser Zweifel setzt, besitzt indefs, wie auch die vorher gegebenen Formeln, eine nur beschränkte praktische Verwerthungsfähigkeit, weil er uns ebenfalls über die Beziehung des Atomfactors n zu den übrigen Werthen keinen genügenden Aufschlufs giebt, der uns berechtigte, daraus ein neues Gesetz ableiten zu können.

Um demnach die aus den bisher entwickelten Thatsachen hervorgehenden Beziehungen der Elemente zu einander als solche festzustellen, um ferner die Annahme von der Existenz einzelner, zwischen den schon gegebenen Elementarpunkten auf der Parabel liegender noch unbekannter Grundstoffe rechtfertigen zu können, bedurfte es weiterer Untersuchungen auf dem Gebiete der physikalischen Chemie. Es erscheint nämlich die Voraussetzung gerechtfertigt, dafs, wenn es gelingt eine Gesetzmäfsigkeit zwischen den Atomzahlen und specifischen Gewichten der *Verbindungen* aufzufinden, wie solches bei den correspondirenden Werthen der Elemente der Fall ist, man aus der Lage der ersteren auf der sie verbindenden Curve rückwärts auf die Lage des Elementarpunktes auf der Elementarparabel zu schliefsen berechtigt seyn müsse.

Zu dem Zwecke wurden zunächst die Oxyde in der Weise untersucht, dafs aus ihren Atomzahlen $(a + b)$ und aus dem specifischen Gewichte s', deren Atomfactor n' berechnet wurde, wobei, um eine Gleichmäfsigkeit in den Beziehungen der Elemente zu den Oxyden aufrecht zu erhalten, dem Atomfactor des Kaliumoxyds die Zahl 1 gegeben wurde.

Die hierfür berechneten Werthe sind auf Tabelle II S. 145 enthalten, wo $(n(a+b)n' = \xi$, $s' = y$ die Coordinaten der *Parabel*punkte ausdrücken:

Da nun nach der allgemeinen Gleichung der Parabel

$$\frac{y^2}{2x} = p, \text{ so ist auch } \frac{y^2}{2\xi} = p_1$$

mithin

$$p : p_1 = \frac{y^2}{x} : \frac{y^2}{\xi};$$

und bezeichnen wir den Quotienten $\frac{p_1}{p} = C$ als constantes Verhältnifs der Parameter für die Elementen- und Verbindungscurve, so ist

$$\frac{Cy^2}{x} = \frac{y^2}{\xi} \qquad (5)$$

wo x und y die Coordinaten der Elementarparabel ausdrücken. Der Werth ξ ist aber das Product aus Atomfactor s' und der Summe der Atomzahl des Metalles $= a$ und des Sauerstoffs $= b$. Die Formel (5) wandelt sich daher, unter Einsetzung der den Coordinaten entsprechenden Werthe, um in:

$$\frac{C.s^2}{an} = \frac{s'(a+b)}{S_1^2} \qquad (6).$$

Es bleibt nun zu ermitteln übrig, welchen Einfluſs der Werth b auf die dem Elemente gehörenden Factoren an und s ausübt, daſs diese in die dem Oxyde angehörenden Werthe s' und s' umgewandelt werden.

Setzen wir in die Gleichung 1)

$$b = a$$
$$\delta = s$$
$$\varrho = n,$$

so ist

$$b = \frac{\delta^2 . K^2}{\varrho}; \quad a = \frac{s^2 \ k^2}{n}$$

mithin

$$\frac{Cs^2}{an} = \frac{s'^2}{s'\left(\frac{s^2 . k^2}{n} + \frac{\delta^2 . k^2}{\varrho}\right)}$$

oder

$$\frac{s'\sqrt{an}}{s\sqrt{Cs'}} = K\left(\frac{s}{\sqrt{n}} + \frac{\delta}{\sqrt{\varrho}}\right)$$

und da nun nach Formel (1):

$$\frac{s}{\sqrt{an}} = K,$$

so ist

$$\frac{s'}{\sqrt{Cn'}} = \left(\frac{s}{\sqrt{n}} + \frac{\delta}{\sqrt{\varrho}}\right) \qquad (7)$$

oder

$$\frac{s'}{\sqrt{Cn'}} = \frac{K}{\sqrt{a}+\sqrt{b}} \qquad (8)$$

Es ergiebt sich aus diesen Ausdrücken der Einfluſs, welchen ein zweites Element, hier der Sauerstoff, bei seiner Verbindung mit einem Metall, auf den physikalischen und chemischen Charakter desselben äuſsert.

Es ist nicht der Werth b als solcher, d. h. das Gewicht des auf das Metall wirkenden Sauerstoffs allein, welches die Dichtigkeit eines Metalls bei seiner Oxydation ändert, denn indem sich zu dem Quotienten $\frac{s^2}{n}$ der dem Sauerstoff angehörende $\frac{\delta^2}{\varrho}$ addirt, geht ersterer in den Quotienten $\frac{s'^2}{Cn'}$ über, durch welchen der physikalische Charakter der Verbindung ebenso ausgedrückt wird, wie anderseits die Atomzahl $(a+b)$ den chemischen Werth derselben ausdrückt.

Wie aber bei der Besprechung der Elementarparabel bereits erwähnt, so ist der einer Verbindung zugehörende Atomfactor eine *Verhältnifszahl*, welche vor der Hand eine weitere Deutung nicht zuläſst und durch keinen andern, von der ursprünglichen Gleichung unabhängigen Ausdruck ersetzt werden kann, so lange nicht die Lage der Elementargase: O, H, Cl auf der Parabel ebenfalls bestimmt ist. Zur Vervollständigung meiner Untersuchungen und als Grundlagen für die Fortsetzung derselben entwickelte ich für die Chlor-, Brom-, Iod- und Cyanverbindungen, soweit deren specifische Gewichte bis jetzt bekannt sind, ähnliche Curvengleichungen, indem ich in denselben jederzeit die entsprechende Kaliumverbindung als Einheit bei der Bestimmung des Atomfactors annehme; ich stieſs aber bei diesen Untersuchungen auf Ungenauigkeiten in den An-

gaben der specifischen Gewichte, welche die einzelnen Werthe der Atomfactoren und berechneten specifischen Gewichte, zumal bei den Iodiden, etwas in Frage stellt. In wie weit es aber nun überhaupt gerechtfertigt scheint, eine Betrachtungsweise, wie die in Vorstehendem entwickelte, auf das Gebiet der physikalischen Chemie zu übertragen, glaube ich noch durch einige Belege, wie dieselben in Tabelle II detaillirt sind, erläutern zu müssen.

Behufs der Erlangung einer bedeutenden Anzahl mathematischer Unterlagen berechnete ich beim Beginn dieser Arbeit die meisten Salze einbasischer Säuren, deren specifischen Gewichte bis jetzt bekannt waren, auf Parabelpunkte für Curven, von welchen jede Salzgruppe eine bestimmte Linie bilden sollte, und bei welcher Operation ich den Atomfactor des Wassers als Einheit annahm, und fand dann für die einzelnen Curven folgende Parameter:

für die salpetersauren Salze ist $p = 0{,}0555$
» » cyansauren » » $= 0{,}0555$
» » chlorsauren » » $= 0{,}0277$
» » schwefelsauren » » $= 0{,}0277$.

Um das Wasser als Salztypus selbst in Rechnung bringen zu können, setzte ich die Molecularzahl für den Typus

$$\left.\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\right\} O_2 = 18$$

in die Gleichungen ein; dadurch erhielt ich nicht nur sehr einfache Atomfactoren, sondern auch Zahlenwerthe als specifische Gewichte, welche in überraschender Uebereinstimmung zu einander und zu den physikalischen Eigenschaften der Metalle stehen.

Der Versuch, auch bei der Berechnung der Parabelpunkte für die Oxyde die Molecularzahl des Wassers zur Geltung zu bringen, scheiterte an der Unmöglichkeit, Atomfactoren von correspondirenden Werthen zu erzielen; diese Zahlen waren sämmtlich unendliche gemischte Brüche und verhinderten *jeden weitern* Vergleich.

Werfen wir nun einen Blick auf das im Vorhergehen-

den Entwickelte, so dürfen wir uns nicht verhehlen, dafs, obgleich es vielfache Anregung zu fortgesetzten Untersuchungen bietet, dennoch erst dann alle angedeuteten Beziehungen volle Bestätigung finden können, wenn uns eine genaue Methode gegeben ist, die specifischen Gewichte der Elemente und Verbindungen in dem Zustande, *in welchem solche bei chemischen Umwandlungsprocessen sich ausscheiden* oder letztere sich bilden, zu bestimmen. Meine in dieser Richtung angestellten Versuche scheiterten bisjetzt an der Unmöglichkeit, die specifischen Gewichte geringer Flüssigkeitsmengen auf mehr als zwei Decimalstellen *zuverlässig* bestimmen zu können. Hierin allein ist auch der Grund zu suchen, warum der von mir in einer frühern Abhandlung betretene Weg, so mathematisch richtig die Grundlagen waren, auf denen er basirte, verlassen werden mufste.

Tabelle I.

$\frac{y^2}{2x} = p = 0{,}00955.$ $\frac{\sqrt{an}}{s} = k = 7{,}2358.$

Elemente	Atomzahl a	Atomfactor n	$an = x$	$\sqrt{an}$	$s = y$ ber.	$s = y$ gef.	Differenzen der Abscissen
Li	7,0	3	21	4,582	0,633	0,593	
							18,2
Ka	39,2	1	39,2	6,261	0,865	0,865	
							6,8
Na	23,0	2	46,0	6,794	0,942	0,964—0,985	
							74,0
Ca	20,0	6	120,0	10,955	1,514	1,578	
							48,0
Mg	12,0	14	168,0	12,961	1,791	1,750	
							18,0
P	31,0	6	186,0	13,630	1,884	1,84 —1,89	
							19,5
Ba	68,5	3	205,5	14,335	1,981	1,850	
							18,5
S	16,0	14	224,0	14,966	2,068	2,07	
							112
Si	21,0	16	336,0	18,330	2,533	2,50	
							12
Sr	43,5	8	348,0	18,655	2,578	2,54	
							30
Bo	10,5	36	378,0	19,440	2,687	2,68	
							5,6
Al	13,7	28	383,6	19,590	2,706	2,67	
							240,4
C	6,0	104	624,0	24,980	3,452	3,42 —3,52	
(Diamant)							576,0
Sc	40,0	30	1200,0	34,640	4,784	4,46 —4,8	
							70,0
J	127,0	10	1270,0	35,630	4,925	4,948	
							380,0
As	75,0	22	1650,0	40,62	5,614	5,62 —5,69	
							398,6
Te	64,0	32	2048,0	45,255	6,254	6,294	
							352,0
Sb	*120,0*	*20*	2400	48,990	6,770	6,718	
							270,0
Cr	*26,7*	*100*	2670	51,670	7,135	7,015	

Elemente	Atom-zahl a	Atom-factor n	$an = x$	$\sqrt{an}$	$s = y$ berechnet	$s = y$ gefunden	Differenzen der Abscissen
Cr	26,7	100	2670	51,670	7,135	7,015	
							68,4
Zn	32,6	84	2738,4	52,329	7,226	7,200	
							11,6
Mn	27,5	100	2750	52,445	7,247	7,206	
							82,0
Sn	59,0	48	2832	53,213	7,354	7,300	
							304,0
Fe	28,0	112	3136	56,00	7,739	7,7 — 7,8	
							631,0
Co	29,5	128	3776	61,450	8,493	8,512	
							41,0
Cd	56,0	68	3808	61,708	8,528	8,54— 8,66	
							56,0
Mo	46,0	84	3864	62,161	8,591	8,62— 8,64	
							266,0
Ni	29,5	140	4130	64,265	8,881	8,9	
							54,4
Cu	31,7	132	4184,4	64,686	8,939	8,94— 8,95	
							855,5
Bi	210	24	5040	70,992	9,811	9,76— 9,8	
							792,0
Ag	108	54	5832	76,367	10,554	10,43—10,55	
							895,0
Pb	103,5	65	6727,5	82,100	11,330	11,32—11,38	
							58,5
Rth	52,2	130	6786	82,37	11,385	11,4	
							676,0
Pd	53,3	140	7462	86,38	11,940	11,950	
							3338,0
Hg	100	108	10800	103,920	14,363	14,400	
							4656,0
WVo	92	168	15456	124,32	17,182	17,2 —18,3	
							4344
Au	197	100	19700	140,350	19,398	19,32	
							3206
Pt	98,7	232	22906	151,350	20,900	21,05	
							359
Jr	99,0	235	23265	152,528	21,08	21,15	
							639
Os	99,6	240	23904	154,600	21,366	21,40	

Tabelle II.

Oxyde.

$p = 0{,}0613.$ $\qquad \frac{\sqrt{an}}{s} = k = 2{,}598.$

Oxyde	Atomzahl $(a+b)$	Atomfactor n'	$(a+b)\,n'$	s' berechnet	s' gefunden
HO	9	0,75	6,75	1	1
KO	47,2	1	47,2	2,644	2,656
Ca O	28,0	2,5	70,0	3,22	3,16
Na O	31,0	2	62,0	2,992	2,805
Mg O	20,0	5	100,0	3,844	3,640
Sr O	51,8	3	155,4	4,792	4,611
Zn O	40,6	5	203,0	5,479	5,63
Cu O	39,7	7	277,9	6,408	6,38
Sn O	67,0	4,5	361,5	6,675	6,666
Ag O	116,0	4	464	8,281	8,255
Pb O	111,5	5,25	585,375	9,300	9,36
Hg O	108,0	8,0	364	10,30	10,29

Chloride.

$p = 0{,}02652.$ $\qquad \frac{\sqrt{an}}{s} = k = 4{,}3415.$

Chloride	Atomzahl $(a+b)$	Atomfactor n'	$(a+b)\,n' = x'$	berechnet s'	gefunden s'
$(H_4N)\,Cl$	53,5	1	53,5	1,708 (?)	1,53
K Cl	74,7	1	74,7	1,998	1,998
Na Cl	58,5	1,5	87,75	2,157	2,16
Mg Cl	47,5	2	95,00	2,253	2,251
Zn Cl	68,1	2	136,20	2,688	2,753
Sr Cl	79,3	2	158,6	2,901	2,960
Cd Cl	91,5	2,75	251,525	3,688	3,625
Ba Cl	104,0	2,5	260,000	2,901	3,851
Hg Cl	135,5	4	542,0	3,653	5,424
Ag Cl	143,5	4	574,0	5,518	5,48 —5,55
Pb Cl	139,0	4,5	625,5	5,760	5,68 —5,80
Hg_2 Cl	235,5	4	942,0	7,069	6,992

Bromide.

$p = 0{,}02727.$

Bromide	Atomzahl $(a+b)$	Atomfactor n'	$(a+b)\,n' = x'$	berechnet s'	gefunden s'
$(H_4N)\,Br$	98,0	1	98	2,312	2,26 —2,38
K Br	119,2	1	119,2	2,550	2,41 —2,69
Na Br	103,0	1,5	154,5	2,903	3,079
Ca Br	100,0	2	200,0	3,299	3,32
Zn Br	112,6	2	225,2	3,505	3,643
Sr Br	123,5	2,25	277,875	3,893	3,962
Ba Br	148,5	2,25	334,125	4,269	4,230
Cd Br	136,0	3,00	408,000	4,717	4,7 —4,9
Hg Br	180,0	3,50	630,000	5,862	5,92
Ag Br	188,0	4,00	752,000	6,412	6,39 —6,43
Hg_2 Br	280,0	3,50	980,000	7,311	7,307

Iodide.

$p = 0{,}02846.$

Iodide	$a+b$	n'	$n'(a+b)$	berechnet s'	gefunden s'
$(H_4N)\,J$	145,0	1,0	142,0	2,488	2,498
K J	166,2	1,0	166,2	3,076	3,076
Na J	150,0	1,5	225,0	3,579	3,450
Sr J	170,5	2,0	341,0	4,406	4,415
Cd J	*183,0*	2,0	366,0	4,565	5,764

Iodide	$a+b$	n'	$n'(a+b)$	berechnet s'	gefunden s'
BaJ	195,5	2,0	391,0	4,718 (?)	4,917
ZnJ	159,6	2,5	399,0	4,766	4,696
AgJ	235,0	2,5	587,5	5,778	5,6 —5,65
HgJ	227,0	3,5	681,0	6,226	6,257
PbJ	230,5	3,0	691,5	6,274	6,158
Hg_2J	327,0	3,0	981,0	7,473	7,65

Salpetersaure Salze.

$p = 0{,}0555.$ $\quad \frac{\sqrt{(a+b)n'}}{s'} = 4{,}242.$

Formel	$(a+b)n' = x$	berechnet s'	gefunden s'
$(H_4N)O, NO_5$	80 . 0,75	1,825	1,791
NaO, NO_5	85 . 1	2,173	2,266
$KO\,NO_5$	101,2 . 0,75	2,077	2,087
$CaO . NO_5$	82,0 . 1,25	2,396	2,472
$SrO . NO_5$	105,8 . 1,5	2,969	2,962
$BaO . NO_5$	103,0 . 1,5	3,298	3,23
$PbO . NO_5$	165,5 . 2,25	4,548	4,509
$AgO . NO_5$	170,0 . 2	4,347	4,328

Cyansaure Salze.

$p = 0{,}0555.$ $\quad \frac{\sqrt{(a+b)n'}}{s'} = 4{,}242.$

Formel	$(a+b)n' = x$	berechnet s'	gefunden s'
$KO . CyO$	81,2 . 1	2,124	2,048
$AgO . CyO$	150,0 . 2	4,0825	4,004

Chlorsaure Salze.

$p = 0{,}0277.$ $\quad \frac{\sqrt{(a+b)n'}}{s'} = 4{,}242.$

Formel	$(a+b)n' = x$	berechnet s'	gefunden s'
$KO . ClO_5$	122,7 . 0,75	2,361	2,350
$NaO . ClO_5$	106,5 . 1,0	2,432	2,467
$AgO . ClO_5$	191,5 . 1,75	4,415	4,430

Schwefelsaure Salze.

$p = 0{,}0277.$

Formel	$(a+b)\,n' = x$	berechnet s'	gefunden
$(H_4N)O.SO_3$	66 . 0,75	1,658	1,771
$KO.SO_3$	87,2 . 1,5	2,696	2,658
$NaO.SO_3$	71,0 2,0	2,809	2,793
$CaO.SO_3$	68,0 . 2,0	2,749	2,85
$SrO.SO$	91,0 . 3,0	3,911	3,7 —3,9
$BaO.SO$	116,5 . 3,0	4,466	4,476
$PbO.SO$	151,5 . 5,0	6,487	6,3
$FeO\,SO_3+7HO$	139,0 . 0,5	1,965	1,9
$MgO\,SO_3+7HO$	123,0 . 0,5	1,848	1,75
$ZnO\,SO_3+7HO$	143,6 . 0,5	1,997	1,9 —2,1
$NiO\,SO_3+7HO$	140,5 . 0,5	1,975	1,924—2,4
$MnO\,SO_3+7HO$	138,5 . 0,5	1,961	2,09
$NaO\,SO_3+10HO$	161,0 . 0,5	1,492	1,481

(Fortsetzung folgt als II. Theil.)

VIII. *Ueber den Einfluſs, den die Unebenheiten der Erdoberfläche und des Meeresbodens auf die Veränderung des Niveaus des Meeres ausüben;*

von G. R. Dahlander,

Lehrer der Physik an der höheren Gewerbschule zu Gothenburg.

1.

In der Mechanik des Himmels ist bewiesen, daſs wenn die Erde ursprünglich in einem flüssigen Zustande gewesen wäre, sie die Form eines nach den Polen hin etwas abgeplatteten Sphäroïdes angenommen haben würde. Man könnte deshalb glauben, daſs der Theil der Erde, welcher noch flüssig ist, nämlich das Meer, einen Theil eines solchen Sphä- ausmachen müſste. Verschiedene Ursachen bewirken *bedeutende* Abweichungen von dieser sphäroïdalen

Normalform des Meeres. Man kann diese Abweichungen in drei Hauptklassen eintheilen, nämlich in zufällige, periodische und beständige. Die *zufälligen* werden durch Winde hervorgerufen, und ebenso gehört hieher die von Schulten 1806 entdeckte und später von Anderen bekräftigte merkwürdige Thatsache, dafs wenn der Luftdruck wächst, die Meeresoberfläche sinkt, und wieder steigt, wenn der Luftdruck abnimmt. Die *periodischen* Abweichungen entstehen hauptsächlich durch Ebbe- und Fluth-Phänomene. Aufser diesen veränderlichen Verrückungen der Meeresoberfläche giebt es jedoch andere beständig gleich oder beinahe gleich wirkende Ursachen, welche bedeutende beständige Abweichungen von der sphäroïdalen Form der Oberfläche hervorbringen. Solche Ursachen sind Meeresströme, der ungleich vertheilte Wasserzufluſs und Abdunstung, sowie endlich der Einfluſs, welchen die Anziehungskraft der Berge ausübt. Es ist die letztgenannte Wirkung, die wir hier betrachten wollen.

Es ist eine deutliche Folge der allgemeinen Gravitation und der Gesetze für das Gleichgewicht von Flüssigkeiten, dafs sowohl die Unebenheiten der Erdoberfläche wie die des Meeresbodens die Form der Meeresoberfläche verändern. Auf der einen Seite bewirken die Berge eine Erhöhung der Wasseroberfläche in ihrer Nachbarschaft, und auf der anderen Seite bewirkt jede Senkung des Meeresbodens, eine Senkung der Wasseroberfläche darüber, wobei stets das die Vertiefung ausfüllende Wasser eine geringere Attraction ausübt als die, welche durch den ebenen Boden entstehen würde. Kurz jede, wenn auch unbedeutende, Abweichung der Erdoberfläche oder des Meeresbodens von der normalen Form, jede Erhöhung und Senkung derselben und ihre Dichtigkeitsveränderung, spiegelt sich gleichsam in verringertem Maafsstabe ab durch eine entsprechende Höhenveränderung beim Wasser.

Was nun hier angeführt worden ist, ist eine so einfache und unmittelbare *Folge des allgemeinen* Gravitationsgesetzes, *dafs es natürlich bekannt war*, wenn auch nicht direct aus-

gesprochen, so lange dieses Gesetz bekannt war. Es scheint jedoch, als habe man diese Unebenheit der Meeresoberfläche für so äufserst gering angesehen, dafs man nie Rücksicht darauf zu nehmen brauchte. Meines Wissens ist Pratt in Calcutta der, welcher zuerst eine Berechnung hierüber versucht hat [1]). Im Zusammenhang mit seinen Untersuchungen über die Abweichung, welche bei der Lothlinie in Indien durch die Attraction der Himalaya-Bergkette entsteht, hat er berechnet, dafs die Meeresoberfläche bei Karachi, nahe der Mündung des Indus, nicht weniger als 643 engl. Fufs höher steht als bei Cap Comorin. Dieses unerwartet grofse Resultat zeigt, welchen bedeutenden Einflufs die Unebenheiten der Erdoberfläche auf das Niveau des Meeres ausüben können. Freilich ist der genannte Höhenunterschied der gröfste, der wohl vorkommen kann, aber das zeigt deutlich, dafs auch die Meeresoberfläche ihre nicht unbedeutenden Berge und Thäler enthält. Pratt scheint freilich nicht eine weitere Aufmerksamkeit auf das gewonnene Resultat zu richten, aber es scheint mir, als wenn dasselbe in verschiedenen Hinsichten von grofser Bedeutung wäre. Ich werde, um das zu zeigen, auf einige Gelegenheiten aufmerksam machen, wo die Höhenveränderung beim Wasser, hervorgerufen durch die Attraction der Berge, von ganz bedeutendem Einflufs seyn kann, und wo es deshalb wichtig seyn kann, sie zu kennen.

Wenn man bei einer gröfseren Nivellirung, vorgenommen um den Höhenunterschied zweier Gewässer zu untersuchen, einen Endstationspunkt in der Nähe einer bedeutenderen Bergmasse wählt, so kann dadurch ein merkbarer Fehler in dem erhaltenen Resultate vorkommen, indem durch die Attraction des Berges das Wasser in seine Nähe aufgezogen wird.

Die Angaben, die man über den Abstand verschiede-

1) *Philosophical Transactions of the Royal Society for the year* 1859, *V.* 149, *part. II, p.* 792, ebenso in einer besondern Abhandlung: *A Treatise on Attraction, Laplace's functions and the figure of the earth, p.* 108.

'unkte der Erdoberfläche über dem Niveau des Mee-
at, müssen als ganz unsicher angesehen werden, da
die Abweichungen von der Normalform nicht kennt,
ıe das Meer an den Stellen bietet, von denen man
ler Höhenbestimmung ausgegangen ist.
'afs man ungleiche Mittelbarometerhöhen für ungleiche
:n der Erde unter gleicher Breite und reducirt zur
esoberfläche erhalten hat, könnte wohl zum Theil auf
Aufziehen von dem Mittelniveau der letzteren beru-
in Folge dessen man deutlich für die Stellen, wo die
iehung bedeutend war, eine zu niedrig reducirte Mit-
rometerhöhe erhalten hat. Ich mufs in dieser Hinsicht
Calcutta und Macao aufmerksam machen, welche bei-
dieselbe Breitenlage haben; an dem erstern Orte ist
Mittelbarometerhöhe 758,86 Millm., an dem letzteren
)9. Dieser Unterschied möchte wohl zum Theil auf
bedeutenden Erhöhung beruhen, welche das Wasser
ı die Attraction des Himmalaya-Gebirges erfahren hat.
Ian sieht endlich leicht ein, dafs man in derselben
;e, wie man durch die Abweichung der Lothlinie durch
ı Berg auf die Mitteldichtheit bei der Erde schliefsen
, auch diese Mitteldichtheit bestimmen kann, wenn
ıf die eine oder die andere Weise gelingt mit ziemli-
Genauigkeit die Veränderung in dem Niveau des Was-
zu ermitteln, welche durch die Attraction einer Berg-
ɛ zwischen zwei Stellen stattfindet. Man würde in die-
Weise eine neue Methode für die Bestimmung der Mit-
:htheit der Erde erhalten. Es würde interessant seyn
Mittelbarometerhöhen für Cap Comorin und Karachi
:inander zu vergleichen mit Rücksicht auf die den un-
hen Breitenlagen entsprechenden Mittelbarometerhöhen.
ch vermifst man leider, meines Wissens, des Obser-
nsmateriales darüber.
Ian findet aus allem diesen, dafs es wohl verdient die
hung der Wasseroberfläche zu untersuchen, welche
ı ungleich geformte Körper hervorgerufen wird, und
sowohl für die Anwendungen als auch als ein inter-

essantes Problem in der analytischen Mechanik. Ich werde hier die ersten Elemente dieses neuen Zweiges der Hydrostatik vorlegen.

2.

Wir werden uns in dem Folgenden darauf beschränken die Wirkung zu betrachten, welche ungleiche Körper auf eine ursprünglich ebene Wasserfläche ausüben. Dieses kann ohne merkbaren Fehler bei der Meeresoberfläche angenommen werden, wenn nicht die Basis des anziehenden Körpers sehr grofs ist, und wenn man nicht den Unterschied zwischen Punkten bestimmt, die in einer grofsen Entfernung von einander belegen sind.

Man nimmt als Anfang für ein rechtwinkliges Coordinatensystem einen auf der ursprünglich ebenen Wasseroberfläche belegenen Punkt an, sowie die z Axe als vertical, wobei die x und y Axen in der Wasseroberfläche zu liegen kommen. Bezeichnet man nun die Componenten der Attraction mit X, Y und Z, so wird die Gleichgewichts-Gleichung für die perturbirte Wasseroberfläche

$$X\,dx + Y\,dy + Z\,dz + g\,dz = 0 \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

X, Y, Z sollten hier eigentlich die Componenten der Anziehung sowohl für den perturbirenden Körper wie für den Theil der Wasseroberfläche bezeichnen, welcher über dem ursprünglichen Niveau ist, man kann aber ohne wesentlichen Fehler den letztgenannten Theil der Anziehung bei Seite lassen. Bezeichnet man nun mit m, n, p die Coordinaten für ungleiche Punkte des Körpers, mit ϱ seine Dichtigkeit, sowie mit k die Attractionsconstanten, so wird das Potential

$$V = \varrho k \iiint \frac{dm\,dn\,dp}{\sqrt{(x-m)^2 + (y-n)^2 + (z-p)^2}} \qquad (2)$$

woraus folgt

$$X = -\frac{dV}{dx},\ Y = -\frac{dV}{dy},\ Z = -\frac{dV}{dz} \quad . \quad . \quad (3)$$

Durch Einsetzung in Gleichung (1) erhält man nach der Integration

$$-V + gz = \text{Const.}$$

Wenn V_0 derjenige Werth des Potentials ist, welcher der Wassererhöhung z_0 entspricht, so wird

$$z - z_0 = \frac{1}{g}(V - V_0) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Die Gleichung (4) wird dann die Formel, welche die Wassererhöhung an verschiedenen Punkten bestimmt, nachdem man aus Gleichung (2) V als Function von x, y, z bestimmt hat.

Je gröfser x und y sind, desto kleiner werden die entsprechenden Werthe von V und z. Wenn man daher die Erhöhung des Wassers mit der für einen mehr entfernt gelegenen Punkt vergleicht, so kann man ohne merkbaren Fehler z_0 und V_0 beide gleich mit 0 setzen. Dann wird

$$z' = \frac{V'}{g} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

wenn wir mit z' und V' die entsprechenden Werthe von z und V bezeichnen. Diese Erhöhung des Wassers wollen wir mit *totale* Erhöhung bezeichnen.

3.

Wir wollen nun zuerst den einfachen Fall betrachten, dafs eine Halbsphäre so auf die Wasserfläche gestellt ist, dafs ihr Mittelpunkt und die ganze ebene Oberfläche darin ist. Wir nehmen an, dafs ihre Masse M ist, sowie ihr Radius r. Wenn der Anfang im Mittelpunkte ist, so wird das Potential für einen Punkt in der Wasseroberfläche

$$V = \frac{Mk}{\sqrt{x^2 + z^2}}.$$

Aber nun ist z sehr klein an der Seite von x, so dafs es ohne merkbaren Fehler bei Seite gelassen werden kann, woraus folgt $V = \frac{Mk}{x}$. Wir erhalten also

$$z - z_0 = \frac{Mk}{g}\left(\frac{1}{x} - \frac{1}{x_0}\right)$$

sowie

$$Z' = \frac{Mk}{gx}$$

als totale Erhöhung.

Dieser Ausdruck *zeigt*, dafs der Meridian für die Ro*tationsoberfläche, welche die* Form der Wasseroberfläche

ausmacht, eine gleichseitige Hyperbel ist, deren Asymptoten eine horizontale und eine verticale Linie sind, welche durch den Mittelpunkt gehen.

Die Erhöhung des Wassers an der Oberfläche der Sphäre wird annähernd

$$z' = \tfrac{2}{3}\frac{\pi \varrho k r^2}{g}.$$

Wir nehmen z. B. an, dafs $r = 10{,}000$ engl. Fufs, sowie dafs ϱ mit der halben Mitteldichtheit der Erde gleich ist, welches ungefähr der Dichtheit des Granites entspricht. Dann ist [1])

$$\frac{\varrho k}{g} = \frac{0{,}434 \,.\, \pi}{569 \,.\, 180 \,.\, 60 \,.\, 60}$$

wonach an der Oberfläche der Sphäre

$$z' = 0{,}775 \text{ engl. Fufs.}$$

4.

Nehmen wir nun an, dafs wir die Niveauveränderung bestimmen wollen, welche eine Sphäre, die unter die Wasseroberfläche gesenkt ist, auf dieselbe ausübt. Ist die Dichtigkeit der Sphäre gröfser als die des Wassers, so mufs sie deutlich eine Erhöhung desselben bewirken, welche bei der Lothlinie durch den Mittelpunkt am gröfsten ist; ist aber ihre Dichtigkeit geringer als die des Wassers, so mufs sie eine Senkung bewirken, welche am gröfsten bei der genannten Lothlinie ist. Läfst man nun die Tiefe des Mittelpunktes unter der Oberfläche h seyn, sowie x die Entfernung der Lothlinie von irgend einem Punkte an der Wasseroberfläche, so wird das Potential

$$V = \frac{Mk}{\sqrt{h^2 + x^2}}$$

woraus

$$z - z_0 = \frac{Mk}{g}\left(\frac{1}{\sqrt{h^2 + x^2}} - \frac{1}{\sqrt{h^2 + x_0^2}}\right)$$

sowie die totale Erhöhung

$$z' = \frac{Mk}{g}\,\frac{1}{\sqrt{h^2 + x^2}}$$

1) Pratt, Treatise on Attraction etc. p. 47.

Die Erhöhung an der Lothlinie durch den Mittelpunkt wird

$$z' = \frac{Mk}{hg}.$$

Wenn man die Gleichung für den Meridian auf eine horizontale x Axe und eine verticale z Axe überführt, so wird dieselbe, wenn man $\frac{hM}{g} = n^2$ setzt:

$$z^2 = n^4 \frac{1}{x^2 + h^2} \text{ oder } x^2 z^2 + h^2 z^2 = n^4.$$

Der Meridian ist also eine Curve des vierten Grades. Seine Tangente im Punkt $x = 0$ ist horizontal. Die Curve hat zwei Inflexionspunkte

$$x = \pm h\sqrt{\tfrac{1}{2}}, \quad z = \frac{n^2}{h}\sqrt{\tfrac{2}{3}}.$$

Ihre Entfernung von der Lothlinie ist also unabhängig von der Masse der Sphäre und ist nur abhängig von der Tiefe derselben unter der Wasseroberfläche.

Die hier entwickelten Formeln gelten eigentlich, wenn die Dichtigkeit der Sphäre gröfser ist als die des Wassers, und M bezeichnet dann den Unterschied der Masse der Sphäre und eines damit gleich grofsen Volumens Wasser. Ist ferner die Dichtigkeit geringer als die des Wassers, so braucht man nur das Zeichen für z zu verändern, sowie M den Unterschied zwischen der Masse des fortgedrängten Wasservolumens und der der Sphäre seyn zu lassen, so gelten auch dieselben Formeln für diesen Fall.

5.

Wir wollen nun untersuchen, welche Einwirkung eine cylindrische Stange, welche mit dem einen Ende in der Wasseroberfläche steht, auf dieselbe ausübt. Man nimmt an, dafs die Stange einen so kleinen Radius im Vergleich mit ihrer Länge hat, dafs man annehmen kann, dafs die Anziehung von ihrer Axe ausgeht. Man nimmt als die Länge der Stange h an, und als Durchschnittsfläche a, sowie als Dichtigkeit ρ.

Wenn die Stange über der Wasseroberfläche steht,

oder wenn ihre Dichtigkeit, wenn sie unter der Oberfläche ist, gröfser als die Dichtigkeit des Wassers ist, so bewirkt sie eine Erhöhung der Wasseroberfläche. Ist aber die Dichtigkeit geringer als die des Wassers, so entsteht eine Senkung, wenn die Stange unter der Wasseroberfläche ist. Im letztgenannten Falle bezeichnet ϱ den Unterschied der Dichtigkeiten des Wassers und der Stange. Man findet nun

$$V = \varrho ak \int_0^h \frac{dp}{\sqrt{x^2+p^2}} = \varrho ak \log \text{nat.} \left(\sqrt{1+\frac{h^2}{x^2}} + \frac{h}{x}\right)$$

woraus folgt

$$z - z_0 = \frac{\varrho ak}{g} \log \text{nat.} \left(\sqrt{1+\frac{h^2}{x^2}} + \frac{h}{x}\right)_{x_0}^{x}$$

und die totale Erhöhung

$$z' = \varrho ak \log \text{nat.} \left(\sqrt{1+\frac{h^2}{x^2}} + \frac{h}{x}\right).$$

Nimmt man an $\cot \varphi = \frac{x}{h}$, so wird dieser letzte Ausdruck vereinfacht. Man findet nämlich

$$\cot \tfrac{1}{2}\varphi = e^{\frac{gz'}{\varrho ak}}.$$

φ bezeichnet hier den Winkel, welchen die Linie zwischen einem Punkt der Oberfläche und dem Endpunkt der Stange mit der Verticallinie bildet.

6.

Nehmen wir nun an, dafs die Stange statt dessen an der Wasseroberfläche in horizontaler Stellung angebracht ist, und dafs, wie vorher, ihre Querdimensionen an der Seite ihrer Länge können aufser Acht gelassen werden, so dafs man ohne merkbaren Fehler die Anziehung als von ihrer Axe ausgehend ansehen kann. Nehmen wir die Durchschnittsfläche der Stange als a, ihre Länge als $2l$ und ihre Dichtigkeit als ϱ. Der Anfang wird in der Mitte der Axe *der Stange* angenommen, sowie die x Axe als winkelrecht *mit derselben.* Das Potential wird dann

$$K = \varrho ka \int_{-l}^{l} \frac{dn}{\sqrt{x^2+(y-n)^2}}$$

$$= \varrho ka \log \text{nat.} \left(\frac{\sqrt{x^2+(l+y)^2} - (l+y)}{\sqrt{x^2+(l-y)^2} + (l-y)} \right)$$

woraus folgt

$$z' = \frac{\varrho ka}{g} \log \text{nat.} \left(\frac{\sqrt{x^2+(l+y)^2} - (l+y)}{\sqrt{x^2+(l-y)^2} + (l-y)} \right).$$

Man kann diesen Ausdruck unter eine etwas einfachere Form bringen, wenn der Abstand des Punktes (x, y) von den Endpunkten der Stange mit r und r' bezeichnet wird, und man annimmt

$$l + y = s \text{ und } l - y = s'.$$

Dann wird nämlich

$$\frac{r-s}{r'+s'} = e^{\frac{gz'}{\varrho ka}}.$$

Es mufs jedoch bemerkt werden, dafs diese Formeln nur für die Punkte als richtig angesehen werden können, welche sich in einer so grofsen Entfernung von der Stange befinden, dafs die Querdimensionen derselben an der Seite des Abstands übergangen werden können.

7.

Wir wollen nun die Wirkung eines Cylinders betrachten, der an der Wasseroberfläche aufgestellt ist. Die Höhe des Cylinders wird als unbedeutend angenommen im Vergleich mit dem Radius, so dafs man die Anziehung als von einer Cirkelfläche ausgehend ansehen kann. Man lasse den Radius des Cylinders r seyn, seine Höhe h und seine Dichtigkeit ϱ. Der Anfang wird im Mittelpunkt angenommen. Man findet

$$V = 2\varphi hk \int_{-r}^{r} dm \int_{0}^{\sqrt{r^2-m^2}} \frac{dn}{\sqrt{(x-m)^2+(y-n)^2}}$$

$$= 2\varrho kh \int_{-r}^{r} \log \text{nat.} \left(\sqrt{1 + \frac{r^2-m^2}{(x-m)^2}} + \frac{\sqrt{r^2-m^2}}{x-m} \right) dm$$

sowie

$$z' = \frac{2\varrho kh}{g} \int_{-r}^{r} \log \text{nat.} \left(\frac{\sqrt{x^2 - 2mx + r^2} + \sqrt{r^2 - m^2}}{x - m} \right) dm.$$

Die gröfste Höhenveränderung findet am Umkreise des Cylinders statt, und wird

$$z' = \frac{2\varrho kh r^2}{g} \int_{-1}^{1} \log \text{nat.} \left(\frac{\sqrt{2} + \sqrt{1+u}}{\sqrt{1-u}} \right) du.$$

Wir finden demnach, dafs diese gröfste Höhenveränderung mit der Masse des anziehenden Cylinders proportional ist.

8.

Nehmen wir nun ein rechtwinkliges Parallelepiped an, dessen Seiten $2a$, $2b$ und $2c$ sind. Wir werden zuerst diesen Körper unter der Annahme bestimmen, dafs sein Mittelpunkt in der Wasserfläche ist, sowie dafs zwei Seitenflächen mit derselben parallel sind. Die z Axe ist vertical, und die x und y Axen parallel mit den Kanten $2a$ und $2b$. Das Potential kann dann, wie Röthig [1]) gezeigt hat, in rationaler Weise durch Logarithmen und Arc tang ausgedrückt werden. Er findet nämlich

$$V = \frac{k\varrho}{8} \Sigma \varphi (a + \varepsilon x,\ b + \varepsilon' y,\ c + \varepsilon'' z),$$

wo ε, ε', ε'' die Werthe $+1$ und -1 haben, und die Summe sich auf die acht Glieder erstreckt, welche man dadurch erhält, dafs den Gröfsen ε, ε', ε'' ihre verschiedenen Werthe beigelegt werden; und ferner, wenn α, β, γ irgend welche reelle Gröfsen bezeichnen und man annimmt

$$\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 = \delta^2,$$

so ist die Function φ die folgende

$$\begin{aligned} \varphi(\alpha, \beta, \gamma) = {} & 4\beta\gamma \log \text{nat.} \frac{\delta + \alpha}{\delta - \alpha} - 4\alpha^2 \text{ arc tang } \frac{\beta\gamma}{\delta\alpha} \\ & + 4\gamma\alpha \log \text{nat.} \frac{\delta + \beta}{\delta - \beta} - 4\beta^2 \text{ arc tang } \frac{\gamma\alpha}{\beta\delta} \\ & + 4\alpha\beta \log \text{nat.} \frac{\delta + \gamma}{\delta - \gamma} - 4\gamma^2 \text{ arc tang } \frac{\alpha\beta}{\gamma\delta}. \end{aligned}$$

Wir können aber bei Bestimmung des Werthes des Poten-

1) *Journal für reine und angewandte Mathematik*, Bd. 58 S. 249.

tials für einen Punkt in der Wasseroberfläche ohne merkbaren Fehler $s = 0$ setzen. Ferner, wenn wir ein Parallelepiped in Betrachtung nehmen, dessen Basis in der Wasseroberfläche liegt und das nur die halbe Höhe des ersteren c hat, so mufs das Potential für einen Punkt in der Wasseroberfläche die Hälfte des eben gefundenen Werthes für V seyn, und wir erhalten

$$V = \frac{k\varrho}{16} \Sigma \varphi (a + \varepsilon x, b + \varepsilon' y, c)$$
$$= \frac{k\varrho}{8} [\varphi (a + x, b + y, c) + \varphi (a + x, b - y, c) + \varphi (a - x, b + y, c) + \varphi (a - x, b - y, c)].$$

Woraus folgt

$$s' = \frac{k\varrho}{8g} [\varphi (a + x, b + y, c) + \varphi (a + x, b - y, c) + \varphi (a - x, b + y, c) + \varphi (a - x, b - y, c)].$$

Wenn man die Erhöhung des Wassers nach der x Axe bestimmt, so erhält man

$$s' = \frac{k\varrho}{4g} [\varphi (a + x, b, c) + \varphi (a - x, b, c)]$$

und nach der y Axe

$$s' = \frac{k\varrho}{4g} [\varphi (a, b + y, c) + \varphi (a, b - y, c)].$$

Die totale Erhöhung des Wassers in der Mitte der Seite $2a$ findet man als

$$s' = \frac{k\varrho}{4g} \varphi (2a, b, c)$$

und in der Mitte der Seite $2b$

$$s' = \frac{k\varrho}{4g} \varphi (a, 2b, c).$$

Endlich wird die Erhöhung an den vier Ecken

$$s' = \frac{k\varrho}{4g} \varphi (2a, 2b, c).$$

Wir wollen als Beispiel die totale Erhöhung des Wassers berechnen, welche durch ein Prisma von 100,000 engl. Fufs Länge und Breite, sowie 10,000 Fufs Höhe entsteht, dessen Dichtigkeit als gleich mit der des Granites angenommen wird. Dann ist

$$\varphi(2a, b, c) = \varphi(100{,}000,\ 50{,}000,\ 10{,}000)$$
$$\delta = 112{,}250\,\varphi$$
$$\varphi(2a, b, c) = 4\,0000\,0000 \,.\, 13{,}1475$$
$$z' = 4{,}8874 \text{ engl. Fufs.}$$

Wir haben hier angenommen, dafs der Theil des Parallelepipeds, dessen Anziehung wir betrachtet haben, sich ganz und gar über dem Wasser befand und nur mit der Basis dasselbe berührte. Sollte aber ein Theil des Parallelepipeds unter dem Wasser seyn, so hat man anstatt ϱ für denselben den Unterschied zwischen der Dichtigkeit des Parallelepipeds und des Wassers anzunehmen.

9.

Wir wollen zum Schlufs die Veränderung betrachten, welche die Oberfläche einer Flüssigkeit durch die Anziehung der Flüssigkeit selbst erleiden kann. Als Beispiel wird angenommen, dafs die Flüssigkeit ein halbsphärisches Gefäfs anfüllt, welches mit der Kante horizontal steht, und dessen Dicke so unbedeutend ist, dafs die durch das Gefäfs entstehende Anziehung übergangen werden kann.

Wenn keine Perturbation stattfände, so würde die Oberfläche der Flüssigkeit, vorausgesetzt, dafs das Gefäfs nicht allzu grofs wäre, als eben angesehen werden können. Aber durch die Anziehung, welche die Flüssigkeit auf die Theile in der Oberfläche ausübt, wird dieselbe convex, und wir wollen nun seine Form bestimmen.

Da die Abweichung von der normalen Form bei der Oberfläche stets höchst unbedeutend wird, können wir für die Bestimmung des Potentials annehmen, dafs die Flüssigkeit eine vollkommene Halbsphäre ausmacht. Wenn die Dichtigkeit ϱ ist und wir nehmen den Anfang im Mittelpunkt an, so wird das Potential

$$V = \tfrac{1}{3}\pi k \varrho x^2,$$

woraus man findet, dafs

$$z' = \tfrac{1}{3}\frac{\pi k \varrho x^2}{g}$$

den Höhenunterschied zwischen dem höchsten Punkt der *Oberfläche und* einem in der Entfernung x davon befind-

lichen Punkt bestimmt. Man findet also, dafs die Oberfläche die Form eines Rotationsparaboloïdes annimmt, dessen Figurenaxe die z Axe ist.

Nehmen wir nun als numerisches Beispiel eine Halbsphäre mit Quecksilber an, dessen Radius 1 engl. Fufs ist. Die Erhöhung der Mitte über den Kanten wird dann

$$z' = 0{,}00000001855 \text{ engl. Fufs.}$$

Gothenburg den 8. Febr. 1861.

IX. *Ueber die tranversalen Schwingungen belasteter Stäbe;*

von Ferdinand Lippich,

Assistenten an der Universitäts-Lehrkanzel der Physik zu Prag.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 31. October 1861. Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den Sitzungsberichten der Wiener Akademie Bd. XLV.)

I. Theoretische Herleitung der wichtigsten Relationen.

Die Veränderung der Schwingungsdauer, die ein elastischer Stab im Allgemeinen erleiden mufs, wenn man in irgend einem Punkte desselben eine träge Masse befestigt, deren Elasticitätskräfte bei der Bewegung des Stabes nicht in Wirksamkeit treten, kann nicht aus den von Poisson in seinem bekannten Memoir »*sur l'équilibre et le mouvement des corps élastiques*« gegebenen allgemeinen Gleichungen gefolgert werden, weil darin der ganze Körper als elastisch vorausgesetzt wird. Es wird daher nothwendig seyn, diese Veränderung aus einer besondern Betrachtung herzuleiten. Jene kann aber, da einerseits die die Bewegung unterhaltenden Kräfte dieselben bleiben, anderseits, indem man von der Schwerkraft absieht, keine neuen eingeführt werden, nur in einer Vergröfserung der Schwingungsdauer bestehen, die gleichen Stellenzeiger der Ton-

höhen [1]) in dem belasteten und unbelasteten Stabe vorausgesetzt.

Der Einfluſs der Masse wird von ihrer Gröſse, der Art ihrer Vertheilung und der Lage ihres Befestigungspunktes abhängen, und sollen die folgenden Betrachtungen die bei diesem Probleme in Frage gestellten Gröſsen auch in ihrer Abhängigkeit von den eben genannten Umständen darstellen.

Es seyen x, y die Coordinaten irgend eines Punktes der Mittellinie des Stabes zur Zeit t, und die Bewegung der einzelnen Punkte erfolge parallel der Axe der y; die Länge des Stabes werde mit l bezeichnet, mit m die Masse desselben um den Punkt (x, y), und φ die Fläche seines Querschnittes, δ die Dichte und q das erforderliche Gewicht, um die Länge eines solchen Stabes zu verdoppeln, endlich τ das Trägheitsmoment des Querschnittes in Bezug auf die durch seinen Schwerpunkt gehende, auf der y senkrechte Gerade beziehen sich gleichfalls auf den Punkt (x, y). Für den in seiner Ruhelage geradlinigen, oder doch nur sehr wenig gekrümmten Stab, dessen Mittellinie dann mit der Axe der x zusammenfällt, gelangt man durch Anwendung des d'Alembert'schen Principes bekanntlich zu der Gleichung:

$$(1) \qquad \frac{q}{\varphi}\tau \cdot \frac{d^2y}{dx^2} = -\sum_{x}^{l} m' \frac{d^2y'}{dt^2}(x' - x),$$

wenn sich x', y', m' auf Punkte beziehen, für welche $x' > x$, und keine äufseren Kräfte auf den Stab wirken. Die Summe im zweiten Theil der Gleichung möge nun in zwei Partieen zerlegt werden: 1) den eigentlichen Stab, der von constanter Dichte und constantem Querschnitt vorausgesetzt wird; 2) die an den Stab befestigte Masse $\mathfrak{M}$ mit den Coordinaten a, b ihres Befestigungspunktes und den Coordinaten $\mathfrak{x}$, $\mathfrak{y}$ irgend eines Massenelementes $\mathfrak{m}$ betreffend.

Aus der Art und Weise, wie Gleichung (1) hergeleitet wird, sieht man dann, dafs an dem Stab zwei Theile unter-

1) Bezeichnet man mit T_1, T_2, T_3 ... die auf einander folgenden Tonhöhen, die ein Stab der Reihe nach vom tiefsten Ton an geben kann, *so sind* 1, 2, 3 ... die Stellenzeiger der Tonhöhen.

schieden werden müssen, denen auch besondere Gleichungen entsprechen,

(2) für $x < a$ $\gamma^2 \cdot \frac{d^2y}{dx^2} = -\int_x^a \frac{d^2y'}{dt^2}(x' - x)\,dx$

$$-\int_a^l \frac{d^2\eta'}{dt^2}(\xi' - x)\,d\xi' - \frac{1}{\delta\varphi}\Sigma m \cdot \frac{d^2\psi}{dt^2}(\chi - x).$$

(3) für $x > a$ $\gamma^2 \cdot \frac{d^2\eta}{d\xi^2} = -\int_\xi \frac{d^2\eta'}{dt^2}(\xi' - \xi)\,d\xi'$,

wo zur besseren Unterscheidung die zu $x > a$ gehörigen Coordinaten mit ξ, η und mit:

$$\gamma^2 = \frac{q\tau}{\delta\varphi^2}$$

bezeichnet wurden.

Allein beide Gleichungen (2), (3) führen durch zweimaliges Differentiiren nach x und ξ zu denselben Differentialgleichungen, von denen die Lösung des Problems abhängt, mithin zu denselben Integralen, die sich nur durch die Constanten von einander unterscheiden können. Diese müssen sich aus (2), (3) und den ersten Ableitungen nach x und ξ, indem man darin besondere Werthe der Variablen setzt, ergeben, und wenn man den Stab in dem Punkte $x = 0$, $y = 0$ eingeklemmt voraussetzt, so erhält man leicht vier Bedingungsgleichungen für $x = 0$, und $x = \xi = l$ die für jedes t gelten. Allein für $x = a$ giebt, wie man sogleich sieht, nur (2) neue Bedingungen für die Constanten, denn die Gleichung (3) hat eine solche Form, dafs sie sowohl als ihre Ableitung nach x bei ganz beliebigen Constanten nach Einsetzung der Integralausdrücke für η, identisch werden mufs. Doch giebt es für $x = a$ noch zwei Bedingungen, die eben die beiden Theile des Stabes, die bis jetzt ganz getrennt von einander gedacht werden konnten, als mit einander zu einem continuirlichen Ganzen verbunden darstellen, sie sind nämlich:

für $x = \xi = a$ $x = \eta$, $\frac{dy}{dx} = \frac{d\eta}{d\xi}$,

die in jedem Zeitaugenblick erfüllt seyn müssen. Es wären demnach bereits acht Bedingungsgleichungen gegeben. Die Werthe von y und η, die sich aus der erwähnten Differentialgleichung ergeben:

$$(4) \qquad \begin{aligned} y &= g \sin \gamma s^2 t + h \cdot \cos \gamma s^2 t \\ \eta &= g' \sin g\sigma^2 t + h' \cos \gamma \sigma^2 t \end{aligned}$$

haben noch aufser den in g, g', h, h' vorkommenden sechzehn Constanten, da eine beliebige dieser Functionen von der Form ist:

$$g = A \sin sx + A' \cos sx + \tfrac{1}{2} B\,(e^{sx} + e^{-sx}) + \tfrac{1}{2} B'\,(e^{sx} + e^{-sx})$$

die Gröfsen s und σ in sich, von denen die Schwingungsdauer abhängt. Da aber nicht in beiden Theilen des Stabes verschiedene Schwingungsdauer herrschen kann [1]), so mufs man nothwendig noch annehmen:

$$s = \sigma.$$

Jede der Bedingungsgleichungen zerfällt aber, da sie für jeden Werth von t gelten müssen, wegen Gleichung (4) in zwei neue, so dafs man zur Bestimmung der siebzehn Constanten sechzehn Gleichungen hat. Diese sind aber von solcher Form, dafs alle anderen Gröfsen sich durch eine, nämlich s ausdrücken lassen, wenn man zwei neue Constanten, die von den Anfangsbedingungen des Stabes für $t = 0$ abhängen, einführt. Dieses s ist aber nicht vollkommen willkürlich, sondern hat, da es gelingt alle anderen Gröfsen zu eliminiren, einer gewissen Gleichung zu genügen, die also von besonderer Wichtigkeit seyn wird, da von ihrer Auflösung die Kenntnifs der Schwingungsdauer abhängt.

Bezeichnet nun $\mathfrak{U}$ die Höhe des Schwerpunktes der Masse $\mathfrak{M}$ über dem Befestigungspunkt, $\mathfrak{T}$ das Trägheitsmoment derselben in Bezug auf eine durch den Befestigungspunkt gehende, auf Eb (x, y) senkrechte Gerade, und erlaubt man sich der kürzern Schreibweise wegen die hy-

1) *Was auch aus den aufgestellten Bedingungen erwiesen werden kann.*

perbolischen Functionen [1]) einzuführen, so ist diese Gleichung:

$$
\begin{aligned}
O = {} & 4(\cos sl\,\mathfrak{Cof}\,sl + 1) + 2(\cos sa\,.\,\mathfrak{Cof}\,sa - 1) \\
& [\cos s(l-a)\,.\,\mathfrak{Cof}\,s(l-a) + 1]\,\frac{\mathfrak{M}s^4}{\delta^2\varphi^2}(\mathfrak{MU}^2 - \mathfrak{T}) \\
& - \frac{s^3\mathfrak{T}}{\delta\varphi}\Big[2(\sin sa\,.\,\mathfrak{Cof}\,sa + \cos sa\,.\,\mathfrak{Sin}\,sa) \\
& \quad -2[\sin s(l-a)\,\mathfrak{Cof}\,s(l-a) + \cos s(l-a).\mathfrak{Sin}\,s(l-a)] \\
& \quad + (\sin sl\,.\,\mathfrak{Cof}\,sl + \cos sl\,.\,\mathfrak{Sin}\,sl) \\
& \quad + [\sin sl\,.\,\mathfrak{Cof}\,s(l-2a) + \cos s(l-2a)\,.\,\mathfrak{Sin}\,sl]\Big] \\
(5) \quad & - \frac{s\mathfrak{M}}{\delta\varphi}\Big[2(\sin sa\,.\,\mathfrak{Cof}\,sa - \cos sa\,.\,\mathfrak{Sin}\,sa) \\
& \quad -2[\sin s(l-a).\mathfrak{Cof}\,s(l-a) - \cos s(l-a)\mathfrak{Sin}\,s(l-a)] \\
& \quad + (\sin sl\,.\,\mathfrak{Cof}\,sl - \cos sl\,.\,\mathfrak{Sin}\,sl) \\
& \quad + [\sin sl.\,\mathfrak{Cof}\,s(l-2a) - \cos s(l-2a)\,.\,\mathfrak{Sin}\,sl]\Big] \\
& + \frac{s^2\mathfrak{MU}}{\delta\varphi}[\sin s(l-2a)\,.\,\mathfrak{Sin}\,sl + \sin sl\,.\,\mathfrak{Sin}\,s(l-2a) \\
& \quad - 2\sin s(l-a) \times \mathfrak{Sin}\,s(l-a) - 2\sin sa\,.\,\mathfrak{Sin}\,sa]
\end{aligned}
$$

und erst nach Auflösung derselben kann man auf die Gleichungen übergehen:

$$
\begin{aligned}
y &= \chi(E\sin\gamma^2 t + E'\cos\gamma s^2 t) \\
\eta &= \Xi(E\sin\gamma s^2 t + E'\cos\gamma s^2 t)
\end{aligned}
$$

welche die Abweichung eines Punktes des Stabes zur Zeit t von der Gleichgewichtslage vorstellen, und χ, Ξ Functionen von x sind, nämlich:

$$
\begin{aligned}
(6) \quad \chi &= -G(\sin sx - \mathfrak{Sin}\,sx) + G'(\cos sx - \mathfrak{Cof}\,.\,sx) \\
\Xi &= \Gamma\sin s\xi + \Omega\,\mathfrak{Sin}\,s\xi + \Gamma'\cos.s\xi + \Omega'\,\mathfrak{Cof}\,.\,s\xi
\end{aligned}
$$

wo aber die Constanten G, G', Γ, Γ', Ω, Ω', und besonders die letzten vier sehr complicirte Functionen der Grösen $\mathfrak{M}$, $\mathfrak{T}$, $\mathfrak{U}$, l, a und s sind. Die Grösen E und E' bestimmen sich aus der für $t = 0$ gegebenen Anfangslage des Stabes, die durch die Ordinaten y_0 und η_0 bestimmt wird, und aus den Anfangsgeschwindigkeiten u_0, v_0 die denselben Punkten angehören. Man findet:

1) D. h. so setzen: $\mathfrak{Sin}\,sx = \frac{1}{2}(e^{sx} - e^{-sx})$, $\mathfrak{Cof}\,sx = \frac{1}{2}(e^{sx} + e^{-sx})$.

$$E = \frac{\int_0^a \chi u_0\,dx + \int_a^l \Xi v_0\,d\xi}{\gamma s^2\left(\int_0^a \chi^2\,dx + \int_a^l \Xi^2\,d\xi\right)} \quad E' = \frac{\int_0^a \chi y_0\,dx + \int_a^l \Xi \eta_0\,d\xi}{\gamma s^2\left(\int_0^a \chi^2\,dx + \int_a^l \Xi^2\,d\xi\right)}.$$

Da die Functionen χ, Ξ von einander verschieden sind, so sieht man, dafs die Form, die der belastete Stab in irgend einem Momente einnimmt, keine durch eine einzige Gleichung darstellbare Curve ist, sondern es stofsen in dem Punkte (a, b) zwei Curven von verschiedener Gestalt zusammen, die hier eine gemeinschaftliche Tangente haben werden.

Um wieder auf Gleichung (5) zurückzukommen, mufs man sich wohl begnügen sie für einzelne, besonders häufig vorkommende Fälle zu lösen. Es mögen daher die folgenden hervorgehoben werden:

a) Der Stab sey nicht an seinem Endpunkte belastet. Dann kann man annehmen, dafs $\mathfrak{M}$ keine grofse Ausdehnung haben wird, wenn anders die Bedingung, dafs die angehängte Masse nur in einem Punkte befestigt ist, wenigstens angenähert erfüllt seyn kann. Diese ist aber nothwendig, denn liegt die Masse mit einer gröfseren Fläche an den Stab an, so kann sich dieser in dem Theile nicht biegen, und der obere Theil wird nur Belastung für den unteren. Ist aber $\mathfrak{M}$ nicht grofs, so kann man $\mathfrak{T}$ und $\mathfrak{U}$ umsomehr Null setzen, weil sie durch bedeutende Gröfsen dividirt, in die Gleichung (5) eingehen. Nach diesen Vernachlässigungen findet man, dafs immer $(2n+1)\frac{\pi}{2}$ ein genäherter Werth von sl seyn wird, wie in dem Falle der unbelasteten Stäbe, und dafs die Schwingungsdauer ungeändert bleibt, wenn man das Gewicht in einem Knotenpunkte des unbelastet schwingenden Stabes anbringen würde, was die Richtigkeit der erhaltenen Relationen bezeugt. Allein es gilt dieses letztere nur für $\mathfrak{T} = 0$ und $\mathfrak{U} = 0$.

b) Der Stab sey am Ende belastet, allein die Masse $\mathfrak{M}$ *noch immer* so klein, dafs $\mathfrak{T}$ und $\mathfrak{U}$ vernachlässiget

werden kann. Für diesen Fall erhält die Gleichung (5) eine einfache Form:

$$0 = \cos sl \,\mathfrak{Cof}\, . sl + 1 - \frac{\mathfrak{M}}{M} sl\,[\sin sl\,\mathfrak{Cof}\, sl - \cos sl\,\mathfrak{Sin}\, sl],$$

aus welcher man schliefst, dafs für sehr kleine Werthe von $\mathfrak{M}$, und wenn es sich um die ersteren Wurzelwerthe handelt, man mit s_0 den entsprechenden Wurzelwerth für unbelastete Stäbe bezeichnend, hat:

$$s = s_0 \frac{1}{1 + \frac{\mathfrak{M}}{M}}.$$

Für gröfsere $\mathfrak{M}$ bleibt auch hier $(2n + 1)\frac{\pi}{2}$ ein genäherter Werth von sl und man findet zugleich, dafs mit wachsenden n sich sl ebenso der Gränze

$$(2n + 1)\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{4}$$

nähert, als für $\mathfrak{M} = \infty$.

c) Endlich werden von der am Ende des Stabes angebrachten Masse noch die Gröfsen $\mathfrak{T}$ und $\mathfrak{U}$ berücksichtiget. Hier kann bei gleichen Stellenzeigern der Tonhöhe sich der Wurzelwerth des unbelasteten Stabes durch das Belasten um eine ganze Peripherie ändern, also zwischen $(2n + 1)\frac{\pi}{2}$ und $(2n + 3)\frac{\pi}{4}$ liegen. Man kann aber auch hier durch eine vorläufige Berechnung einer Constante leicht entscheiden, welche von den beiden Näherungsformeln, die hier aufgestellt werden müssen, zu wählen sey. Für sehr grofse Werthe von $\mathfrak{M}$ und wenn es sich um den kleinsten Wurzelwerth der für diesen Fall umgeformten Gleichung (5) handelt, erhält dieser eine bemerkenswerthe Form:

$$(7) \qquad sl = \frac{1}{\sqrt[4]{\left(\frac{1}{12} - \frac{P}{2} + Q + \frac{R}{2} + \frac{S}{2}\right)}}$$

wo zur Abkürzung gesetzt ist:

$$P = -\frac{\mathfrak{M}\mathfrak{T}}{\varphi^2 \delta^2 l^4} - \frac{\mathfrak{M}^2 \mathfrak{U}^2}{\varphi^2 \delta^2 l^4},\quad Q = \frac{\mathfrak{T}}{\varphi \delta l^3},\quad R = \frac{\mathfrak{M}\mathfrak{U}}{\varphi \delta l^3},\quad S = \frac{\mathfrak{M}}{\varphi \delta l}$$

Ist es gelungen für einen dieser Fälle das s zu finden, so kann man nun auch auf die Bestimmung der übrigen Gröfsen übergehen. Von diesen interessiren besonders die Function χ und Ξ, denn bestimmt man in ihnen das x so, dafs sie sich auf Null reduciren, so erhält man die Lage der Knotenpunkte.

Allein die Gleichung (6) und das über die Constanten G, G' ... Gesagte, zeigen schon, dafs dieses sehr complicirte Functionen seyn werden, und man sich begnügen mufs wenigstens etwas Allgemeines über die Lage der Knotenpunkte zu erfahren. Man gelangt dahin durch Vergleichung der entsprechenden Gröfsen an dem unbelasteten Stab bei gleichen Stellenzeigern der Tonhöhen.

Um mit dem einfachsten Fall, d. h. mit den unter *b*) gemachten Voraussetzungen zu beginnen, so findet man: dafs der belastete Stab dieselbe Anzahl Knotenpunkte wie der unbelastete beibehält, dafs aber dieselben dem belasteten Ende immer näher rücken, je gröfser $\mathfrak{M}$ wird, also für $\mathfrak{M} = \infty$ in das Ende des Stabes ein Knotenpunkt fällt, und die Abweichungen von den Lagen beim unbelasteten Stab um so gröfser werden, je näher der Knotenpunkt dem freien Ende liegt.

Aehnlich gestaltet sich der Fall *c*), allein hier kann ein Knotenpunkt sogar über das freie Ende hinausrücken, so dafs also einer ganz vom Stabe verschwindet, und der Stab aufser bei seinem tiefsten Ton auch beim nächst höheren ohne Knoten schwingt, überhaupt, wenn n den Stellenzeiger der Tonhöhe bezeichnet, die Zahl der Knotenpunkte mit Ausnahme von $n = 1$ durch $n - 2$ gegeben ist.

Es bleibt endlich noch der dritte Fall *a*) übrig. Hier kann die Verschiebung der Knotenpunkte sehr verschieden ausfallen, sie erfolgt für gröfsere Werthe von a wie früher gegen das freie Ende des Stabes in beiden Theilen desselben, für kleinere jedoch kann sie im obern Theil auch gegen die Masse $\mathfrak{M}$, also der früheren gerade entgegengesetzt, stattfinden, namentlich mit wachsendem $\mathfrak{M}$.

Die Anwendung der Schwingungen belasteter Stäbe ist

eine sehr beschränkte. Es mag hier nur der Untersuchungen Kupffer's erwähnt werden, wo Behufs der Ermittlung der Elasticitätscoëfficienten der verschiedenen Metalle, solche an einem Ende eingespannte Stäbe benutzt wurden, deren Schwingungsdauer angebrachte Gewichte so vergrößerten, daſs eine directe Zählung der Schwingungen möglich war. Auf diesen Fall würde besonders die bequeme Formel (7) passen, da die Schwingung in ihrer einfachsten Form, d. h. ohne Knoten erfolgte. Allein der erschienene erste Theil des gröſseren Werkes enthielt noch nicht die vollständige Begründung aller angewendeten Näherungen, so daſs eine Vergleichung mit den hier gegebenen Formeln unmöglich erschien.

Nebstdem soll noch bemerkt werden, daſs der in der Akustik häufig angeführte Fall, wo bei einem schwingenden Stabe das eine Ende fix, das andere an eine feste Widerlage gestemmt ist, durch den unter *b*) betrachteten Fall seine Erklärung findet, denn es genügt hier $\mathfrak{M} = \infty$ zu setzen, wodurch das freie Ende sich nicht von der Ruhelage entfernen, wohl aber die Tangente an demselben ihre Lage ändern kann, und findet auf diese Weise übereinstimmend mit der Erfahrung, daſs sich die Tonhöhen wie die Quadrate von 0, $\frac{5}{4l}$, $\frac{9}{4l}$, $\frac{13}{4l}$ .... verhalten, und ebenso die Knotenpunkte die entsprechende Anzahl und Lage erhalten müssen.

II. Experimentelle Bestätigung der entwickelten Relationen.

Um das Vorhergehende und namentlich die Abhängigkeit der Schwingungsdauer vom angehängten Gewichte experimentell zu bestätigen, scheint es wieder am angemessensten, den Stab in seinem belasteten und unbelasteten Zustande unmittelbar mit einander zu vergleichen. Man kann dazu sehr bequem die Interferenzcurven benutzen, die durch die senkrecht zu einander gedachten Schwingungen des Stabes in beiden Fällen resultiren würden, wenn man *diese auf einen Punkt übertrüge*. Natürlich reicht man da-

bei mit einem Stabe nicht aus, allein man kann immer zwei Stäben übereinstimmende Schwingungsdauer geben und dann nur an dem einen die gewünschten Veränderungen vornehmen. Man erreicht dieses alles auf folgende Weise:

1. Man nehme zwei an ihrem unteren Ende eingeklemmte Stäbe und stelle sie so, dafs ihre Schwingungsebenen auf einander senkrecht stehen, was erreicht werden kann, wenn man die Stäbe hinreichend breit macht. An den freien Enden befestige man kleine Schirme, in denen Spalten senkrecht auf die zugehörenden Schwingungsebenen angebracht sind. Ein Schirm läfst sich auch durch einen feinen, hellpolirten Draht in der Richtung einer Spalte ersetzen. Bringt man die Stäbe zum Oscilliren, so erblickt man, von oben durch die Spalten gegen eine helle Fläche sehend, die zu beiden Schwingungsdauern gehörige Interferenzcurven. Diese Curven ändern sich, wenn man den einen Stab belastet oder seine Länge ändert. Man kann aber aus begreiflichen Gründen mit der Verkürzung des einen Stabes nicht zu weit gehen, in solchen Fällen dient aber folgende Methode:

2. An einen Stab von hinreichender Breite wird am freien Ende durch eine Klemmvorrichtung ein Metallstück befestigt, welches nach aufwärts einen zweiten Stab trägt, so dafs die Breitendimensionen der beiden Stäbe aufeinander senkrecht stehen. Der letztere trägt an seinem obern Ende einen möglichst kleinen hellpolirten Knopf. Nach unten zu ist an dem Metallstück eine Verlängerung angebracht, an welcher ein Laufgewicht verschoben werden kann. Dadurch wird es möglich Masse, Trägheitsmoment und Lage des Schwerpunktes nach Belieben abzuändern, denn das Metallstück und der obere Stab sind für den unteren nur Belastung. Der Metallknopf wird aber ersichtlich die Interferenzcurve beschreiben, die wie beim Kaleidophon sichtbar wird.

Wie das Verfahren unter 1. für die Fälle *a*) und *b*), so dient das eben beschriebene besonders für den Fall *c*).

Um aber aus den Curven auf das Verhältnifs der Schwin-

gungsdauer schliefsen zu können, mufs man entweder für alle möglichen Fälle die zugehörigen Curven kennen, oder gewisse allgemeine Eigenschaften an denselben, die von den beiden Oscillationsgeschwindigkeiten abhängen. Um letzteres zu erreichen, wurde die allgemeine Gleichung einer Discussion unterzogen und es mögen von den aufgefundenen Eigenschaften die folgenden hervorgehoben werden, wobei man sich die beiden Componenten unter der Form zu denken hat

$$x = a \sin 2\pi \frac{t}{T_x}, \quad y = b \sin 2\pi \frac{t+\Delta}{T_y}$$

1. Macht man

$$\frac{T_x}{T_y} = \frac{B}{A}, \quad T = A\,T_x = B\,T_y,$$

$$T_x = B\,.\,m \quad T_y = A\,.\,m,$$

wo B und A relative Primzahlen bedeuten, so ist T die Zeit, die das Bewegliche braucht die resultirende Curve zu durchlaufen. Stehen T_x und T_y in keinem commensurabeln Verhältnifs, so ist die Curve keine geschlossene und das Bewegliche kehrt nicht mehr zu denselben Punkten mit derselben Geschwindigkeit zurück.

2. Eine auf der Axe der y Senkrechte wird von der Curve im Allgemeinen $2B$ mal, auf die der x aber $2A$ mal geschnitten. Die Anzahl der Durchschnittspunkte wird unendlich, wenn T_x und T_y in keinem commensurabeln Verhältnifs stehen.

3. Construirt man um den Coordinatenursprung 0 als Mittelpunkt ein Rechteck, dessen Seiten parallel zu Ox und Oy bezüglich die Längen haben $2a$ und $2b$, so bleibt die Curve innerhalb dieses Rechtecks. Alle mit Ox und Oy parallelen Tangenten an dieselbe fallen mit den Rechteckseiten zusammen, die von der Curve im Ganzen $2A+2B$ mal, jede einzelne aber, und zwar von denen zu Ox parallelen Bmal, von denen zu Oy parallelen aber Amal tangirt werden.

4. Um alle möglichen Curven zu erhalten, die zu gewissen *Werthen von A und B* gehören, braucht man Δ

nur zwischen den Gränzen $\Delta = 0$ und $\Delta = m$ sich ändern zu lassen, und die Form der Curve wird nur von A und B, nicht aber von T_1 und T_2 abhängig seyn.

5. Ist A gerade, so sind die Curven symmetrisch in Bezug auf Ox, und ebenso in Bezug auf Oy, wenn B gerade ist. Die Curven können daher im Allgemeinen nicht nach beiden Axen symmetrisch werden, allein

6. in besonderen Fällen ist dieses möglich und zwar:

Ox ist eine Axe der Symmetrie für gerade B, und

$$\omega = 0,\ \omega = \frac{1}{2}$$

Ox ist eine Axe der Symmetrie für ungerade B, und

$$\omega = \frac{1}{4},\ \omega = \frac{3}{4}$$

Oy ist eine Axe der Symmetrie für gerade A, und

$$\omega = 0,\ \omega = \frac{1}{2}$$

Oy ist eine Axe der Symmetrie für ungerade A, und

$$\omega = \frac{1}{4},\ \omega = \frac{1}{2}$$

wo $\Delta = m . \omega$ gesetzt ist.

7. Sind zwei Curven in ihren ω um $\frac{1}{2}$ verschieden und gehören sie zu denselben Werthen von A und B, so sind sie der Form nach identisch, der Lage nach verschieden, und man erhält die eine aus der andern durch Umlegen um die Axe, die im Allgemeinen keine Axe der Symmetrie ist.

8. Für A und B ungerade sind die von $\omega = 0,\ \omega = \frac{1}{2}$, für A oder B gerade aber, die von $\omega = \frac{1}{4}$ oder $\omega = \frac{3}{4}$ im positiven und negativen Sinn gleich weit in ihren ω abstehenden Curven der Gestalt und Lage nach identisch.

9. Die zu den eben angeführten ausgezeichneten Werthen von ω gehörigen Curven sind in ihrer Gestalt einfacher als die allgemeine Curvenform, da gewisse Aeste in denselben über einander fallen,

10. und es treten an ihnen Rückkehrpunkte auf, und

zwar zwei die immer in den Endpunkten des umschriebenen Rechteckes liegen. Ist A und B ungerade, so befinden sie sich an den Endpunkten derjenigen Rechteckseiten, die auf der Axe der Symmetrie senkrecht stehen.

11. Man beschreibe über zwei zu Ox und Oy parallelen Rechteckseiten Halbkreise, theile den mit dem Radius a in B, den mit dem Radius b in A gleiche Theile. Zieht man durch diese Theilungspunkte parallele zu Ox und Oy, so liegen auf einer jeden der ersteren A, auf jeder der letzteren B vielfache Punkte, die immer nur durch den Durchschnitt von zwei Curvenästen gebildet werden. Alle möglichen vielfachen Punkte finden sich auf diesen Geraden vertheilt, bleiben auf denselben wie sich auch ω ändern mag, so dafs sie nur eine Verschiebung nach obigen Richtungen erleiden, und ihre Anzahl ist:

$$A(B-1)+B(A-1)=2AB-(A+B).$$

12. Für die unter 9. angeführten Curven wird auch die Vertheilung der vielfachen Punkte einfacher, es fallen immer je vier der allgemeinen Form übereinander und sie kommen in die Durchschnittspunkte der eben angeführten Geraden zu liegen. Ihre Anzahl ist $\frac{(A-1)(B-1)}{2}$.

Bei der Darstellung der Curven auf die eine oder andere der oben angegebenen Methoden hat man oft den Eindruck, als ob eine bestimmte Interferenzcurve nach und nach alle möglichen Gestalten, die bei gegebenen Werthen von A und B von $\omega=0$ bis $\omega=1$ auftreten, annehmen würde. Die Erscheinung, die immer eintritt, wenn A und B nahe einem einfacheren Verhältnifs sind, erklärt sich aus der Dauer des Lichteindrucks und der folgenden Eigenschaft:

13. Man kann jede Interferenzcurve ansehen als entstanden aus einer andern, bei welcher die Phasendifferenz eine Function der Zeit ist, so dafs die Aenderungen derselben dem t proportional bleiben.

Mittelst dieser Eigenschaften ist es nicht schwer aus der Curve auf das *Verhältnifs von* A und B zu schliefsen, und

die Versuche geben eine genügende Uebereinstimmung mit den aufgestellten Näherungsformeln.

Auch das über die Knoten Gesagte kann leicht einer Prüfung unterzogen werden, indem man den horizontal eingespannten Stab mit leichten Papierringen versieht und zum Tönen bringt. Durch Messen der Entfernung der Knoten vom Einklemmungspunkt bei belastetem Stab findet man sodann die Richtung der Verschiebung.

Um die im zweiten Abschnitte angedeuteten Apparate zur Demonstration der Interferenzcurven zu benutzen, d. h. durch ein Experiment zu zeigen, welche Curve zu einem bestimmten Verhältnifs der Schwingungsdauer gehört, ist es noch nothwendig beiden oder wenigstens einem Stabe eine im Vorhinein angebbare Schwingungsdauer zu ertheilen, die wegen der Langsamkeit oder geringen Intensität der Schwingungen aus der Tonhöhe nicht erkannt werden kann. Bei dem ersten Verfahren hat es seine Schwierigkeit, wenn man nur die Länge der beiden Stäbe nach der unter *b)* gegebenen Formel:

$$s = s_0 \frac{1}{1 + \frac{\mathfrak{M}}{M}}$$

corrigirt, nachdem man dieselben so gestellt hat, dafs als Interferenzcurve die Ellipse erscheint, also beide Stäbe gleiche Schwingungsdauer haben. Hiefsen diese Längen l_1 und l_2, und die zugehörige Schwingungsdauer T, T_1 und T_2 die Schwingungsdauer, die man beiden Seiten geben will, so hat man als zugehörige Längen l'_1 und l'_2

$$l_1 : l'_1 = \sqrt{T} : \sqrt{T_1} \qquad l_2 : l'_2 = \sqrt{T} : \sqrt{T_2}.$$

Bei dem zweiten Verfahren kann man nicht etwa die Länge des obern Stabes nach diesen Formeln abändern, weil diefs das Trägheitsmoment, und somit auch die Schwingungsdauer des untern Stabes ändern würde. Man verfährt daher zweckmäfsig so, dafs man den untern Stab mit einem Schirm versieht, der eine Spalte enthält, und daneben *einen* zweiten Stab mit hellpolirtem Draht versehen aufstellt, *so fein*, dafs das Gewicht dieser Belastung ganz vernach-

lässigt werden darf. Das Experimentiren geschieht dann auf folgende Weise:

Zuerst wird der Doppelstab so lange verschoben bis der hellpolirte Knopf die Ellipsen zeigt; sodann der den Draht tragende Stab so eingestellt, dafs er mit dem untern Stab auch die Ellipsen zeigt; alle drei Stäbe haben dann gleiche Schwingungsdauer T. Will man dann die zu dem Verhältnifs $T:mT$ gehörigen Schwingungscurven darstellen, so giebt man dem Hülfsstab eine Länge l', die zur ursprünglichen l im Verhältnifs steht wie $\sqrt{m}:1$, richtet dann den untern Stab so, dafs er mit dem Hülfsstab die Ellipse giebt, dann verhält sich auch die Schwingungsdauer des obern Stabes zum untern wie $1:m$.

X. *Kleine Versuche über elektrische Erscheinungen; von F. C. Henrici.*

1. Ueber die elektrische Beziehung des Wasserstoffs zu den Metallen.

Seit langer Zeit habe ich bei verschiedenen Gelegenheiten auf die bei der Berührung des Wasserstoffs mit den Metallen eintretende Elektricitätsentwicklung als eine Wirkung aufmerksam gemacht, welche unzählige bei galvanischen Versuchen vorkommende scheinbare Anomalien veranlafst und darin besteht, dafs alle Metalle bei der Berührung mit dem Wasserstoff *negativ* elektrisch werden, dieser dagegen *positiv* elektrisch wird. Ich habe wiederholt nachgewiesen, dafs die Metalle, welche in wäfsrigen Flüssigkeiten eine Wasserzersetzung bewirken, durch die Berührung mit dem dadurch frei werdenden Wasserstoff stets negative Elektricität annehmen und *dafs diese* Wirkung unter Umständen *so kräftig ist, dafs sie eine* gleichzeitig vorhandene kräftig

positiv erregende Wirkung vieler Flüssigkeiten überwiegt. Ein Platindraht zeigt sich selbst in starken Säuren, wenn sie Wasserstoff enthalten, negativ elektrisch und dasselbe ist bei oxydablen Metallen der Fall, wenn darin in Folge einer durch diese selbst bewirkten Wasserzersetzung Wasserstoff frei wird. Bei solcher Bedeutung der fraglichen Wirkung scheint es mir erlaubt, eine Reihe von Versuchen mitzutheilen, welche, wie ich glaube, geeignet sind, jeden Zweifel hinsichtlich derselben zu beseitigen und den Gegenstand überhaupt weiter zu erläutern.

Um den Erfolg der Berührung der Metalle mit dem Wasserstoff in überzeugendster Weise zu beobachten, habe ich zwei kleine Glasgefäfse mit einer mäfsig concentrirten Lösung von kohlensaurem Natron gefüllt und durch einen schmalen Leinenstreifen mit einander in Verbindung gebracht. Diese Lösung wirkt nur unbedeutend auf die oxydablen Metalle und eignet sich daher sehr gut zu dem beabsichtigten Versuche, weil in derselben eine Wasserstoffentwickelung sich leicht hervorrufen läfst, nämlich durch Einbringung eines Stückchens Eisenvitriol, welches sich darin bald mit einer weifsen Rinde von kohlensaurem Eisenoxyd überzieht, die auf Kosten des vorhandenen Wassers allmählich in Oxydhydrat übergeht [1]) und in der Lösung demnach eine langsame Wasserzersetzung bewirkt. Demgemäfs wurde in das eine der beiden verbundenen Glasgefäfse ein Körnchen Eisenvitriol gelegt und dann wurden zwei wohlgereinigte Drähte von je einem der zu prüfenden Metalle in die beiden Glasgefäfse eingesenkt. Beide Drähte konnten durch einen federnden Stromschliefser beliebig mit einem Galvanometer verbunden werden. Die Flüssigkeiten in den beiden Gefäfsen waren also wesentlich nur durch die in der einen derselben vorgehende sehr geringe Wasserzersetzung verschieden, da die hinzutretende höchst geringe Menge von schwefelsaurem Natron nicht in Betracht kommt. Nach-

1) Gewöhnlicher Hammerschlag erlitt in der fraglichen Lösung keine Veränderung, in schwefelsaurem Wasser kam jedoch das Eisenoxydulhydrat bald zum Vorschein.

dem die Drähte eine Weile in der Flüssigkeit gestanden hatten, wurde die Kette geschlossen und es trat bei allen von mir untersuchten Metallen eine der Contactwirkung des Wasserstoffs entsprechende Ablenkung der Galvanometernadel ein, kleiner oder gröfser, je nach der Besonderheit des angewandten Metalls. Selbst wenn in einigen Fällen bei einer ersten zeitigen Schliefsung in Folge mangelnder Homogenität bei beiden Drähten eine entgegengesetze Ablenkung erfolgte, ging diese doch allmählich in die andere über. Diese Versuche wurden ausgeführt mit Drähten (oder Stäbchen) von Zink, Zinn, Aluminium, Neusilber, Wismuth, Antimon, Eisen, Messing, Silber und Platin.

Beim Einbringen von Zinnchlorür in die Natronlösung (statt des Eisenvitriols) entstand darin durch die entweichende Kohlensäure ein lebhaftes Aufschäumen und das Zinn oxydirte sich ebenfalls auf Kosten des vorhandenen Wassers, dessen Wasserstoff also frei wurde. Als ich mit dieser Flüssigkeit (nach eingetretener Ruhe) die angegebenen Versuche wiederholte, erhielt ich dieselben Erfolge, zum Theil noch stärker.

Die so erhaltenen Ergebnisse können, wie mir scheint, hinsichtlich der elektrischen Contactwirkung zwischen Wasserstoff und Metallen keinen Zweifel übrig lassen. Vergleicht man mit denselben die elektrischen Wirkungen, welche eintreten, wenn durch oxydable Metalle in einer wässerigen Flüssigkeit eine Wasserzersetzung bewirkt wird, so zeigt sich unter ihnen die vollkommenste Uebereinstimmung. Wenn man zwei wohlgereinigte gleichartige Drähte eines oxydablen Metalls, von denen der eine zuvor in eine höchst verdünnte alkoholische Schellacklösung getaucht worden [1]), gleichzeitig in verdünnte Schwefelsäure einsenkt, so

1) Den durch das Abtrocknen dieser Lösung entstehenden äufserst zarten Ueberzug siehe ich jetzt den früher zu gleichem Zweck von mir empfohlenen Ueberzügen vor. Ich habe dessen Wirkung an Platindrähten in zahlreichen mit sehr verschiedenartigen Flüssigkeiten ausgeführten Versuchen mit der Wirkung des ungleichzeitigen Eintauchens bei denselben Drähten verglichen und dabei im allgemeinen übereinstimmende Er-

erhält man bei allen das Wasser zersetzenden Metallen am Galvanometer eine der Contactwirkung zwischen dem Metall und dem frei werdenden Wasserstoff entsprechende Ablenkung, kleiner oder gröfser, je nach der Besonderheit des Metalls und der Raschheit der eintretenden Wasserzersetzung. Die *normale* elektrische Contactwirkung zwischen Metallen und Schwefelsäure ist eine gerade *entgegengesetzte*, wie es sich unzweideutig bei Versuchen mit Silber, Gold und Platin zeigt, welche in Berührung mit der Säure positiv elektrisch werden; in geringerem Grade ist dieses schon bei deren Berührung mit reinem Wasser der Fall. Die negative Erregung habe ich mit Bestimmtheit bei allen Versuchen mit Zink, Zinn, Aluminium, Eisen, Antimon, Wismuth, Neusilber, Messing und Kupfer beobachtet. Da aber die Wasserzersetzung durch einige dieser Metalle, als Aluminium, Wismuth, Antimon, Neusilber, Messing und Kupfer, gering ist, so ist zur Bewirkung der fraglichen negativen Erregung derselben ein gewisser Concentrationsgrad der Säure erforderlich. Nimmt man daher zu den Versuchen mit diesen Metallen ein nur schwach angesäuertes Wasser, so beobachtet man anfangs meistens die entgegengesetzte (in Beziehung auf die Flüssigkeit normale) elektrische Wirkung, welche jedoch, wenn der Säuregehalt nicht allzu gering ist, gewöhnlich bald in die andere dem Wasserstoff entsprechende übergeht, wie man sich am leichtesten überzeugt, wenn man den mit dem Ueberzuge versehenen Draht erst einsenkt, nachdem der freie Draht bereits eine Weile in der Flüssigkeit sich befunden hat.

folge erhalten. Ich halte jedoch die Anwendung des Ueberzugs für sicherer; auch läfst sich nur mit Hülfe desselben die im ersten Augenblick der Berührung zwischen Metall und Flüssigkeit eintretende elektrische Wirkung ermitteln, von welcher die spätere sehr verschieden seyn kann, da die chemische Einwirkung mancher Flüssigkeiten auf Metalle mit überraschender Geschwindigkeit erfolgt. Gegen den Einfluss condensirten Gases an der Oberfläche von Metalldrähten glaube ich mich durch kräftiges Abreiben derselben zwischen mit Bimspulver bestreutem feinem Leder, wobei immer der charakteristische Metallgeruch wahrgenommen wird, leicht zu schützen.

Die Dauer der in Rede stehenden elektrischen Wirkung hängt nur von der Dauer der Wasserzersetzung ab; beide hören auf, wenn sich an dem Metalle eine zusammenhängende Oxydhaut gebildet hat, welche dann ihrerseits (je nach ihrem elektrischen Leitvermögen) in Wirkung tritt, worüber ich vor einiger Zeit (Ann. Bd. 111 S. 146) einige Bemerkungen mitgetheilt habe. Wird die Bildung einer Oxydhaut dadurch verhindert, dafs die Flüssigkeit das entstehende Oxyd sofort auflöst, wie es z. B. beim Zink und Eisen in verdünnter Schwefelsäure der Fall ist, so tritt keine Wasserzersetzung ein und der frei werdende Wasserstoff übt dauernd seinen elektrischen Einfluſs aus.

Aus der elektrischen Wirkung des Wasserstoffs erklären sich höchst einfach unzählige bei galvanischen Versuchen vorkommende Erscheinungen, für welche man vergebens nach andern Erklärungsgründen suchen würde. Ich habe schon (a. a. O. S. 148) die galvanische Zusammenfügung der Lösungen des zweifach chromsauren und zweifach schwefelsauren Kali mit je zwei Drähten eines oxydablen Metalls besprochen, welche blofs in Folge der in der letzten Lösung allein eintretenden Wasserzersetzung eine der elektrischen Wirkung des dadurch frei werdenden Wasserstoffs entsprechende Stromrichtung zeigt und daher als eine anomale bezeichnet werden mufs, da sie nur bei der Anwendung oxydabler Metalle eintritt, wogegen mit Platin-, Gold- und Silberdrähten entgegengesetzte (normale) und zugleich schwächere Ströme erhalten werden. Auch die Lösung des einfach chromsauren Kali übt keine chemische Wirkung auf reine Flächen oxydabler Metalle aus. Wenn man daher zwei mit Lösungen des einfach und des doppelt chromsauren Kali gefüllte Gefäfse einerseits durch einen Leinenstreifen und andererseits durch zwei gleichartige Metalldrähte (mit Einschaltung eines Galvanometers) verbindet, so erhält man, gleichviel welches der oben genannten Metalle man wählt, immer gleichgerichtete, von dem doppelt chromsauren Kali in den *von demselben* benetzten Draht übergehende, *also der elektromotorischen* Differenz der beiden

Lösungen entsprechende Ströme. Eine chemische Wirkung findet in diesem Systeme nicht statt; dieses ist auch dann nicht der Fall, wenn man nur eine der beiden Lösungen mit zwei verschiedenartigen Metalldrähten galvanisch zusammenfügt. In allen diesen Fällen erhält man also galvanische Ketten, in welchen keine primäre chemische, wohl aber eine dauernde galvanische Wirkung stattfindet. Als Beispiel führe ich folgendes an. Ich stellte in die Lösung des einfach chromsauren Kali einen Eisendraht und fügte folgweise Drähte der übrigen Metalle hinzu; in allen Fällen war die Stromrichtung dem Metallcontact entsprechend, demgemäfs entgegengesetzt, wenn einmal ein Zinkdraht, ein andermal ein Kupferdraht neben dem Eisendraht eingesenkt wurde. Die chromsauren Kalilösungen scheinen beide ein geringes Leitvermögen zu besitzen und lassen daher keine sehr kräftige Ströme zum Vorschein kommen, was beim Gebrauch eines einigermafsen empfindlichen Galvanometers nur erwünscht ist.

Die Lösung der Chromsäure wirkt auf einige Metalle chemisch ein, auf andere nicht; angegriffen werden von derselben Zink, Kupfer, Neusilber, Messing, Silber, wenig angegriffen Zinn, anscheinend nicht angegriffen Eisen und Aluminium. Dabei zeigt das elektromotorische Verhalten dieser Metalle in der Chromsäurelösung eine bemerkenswerthe Verschiedenheit; sie werden darin nämlich sämmtlich, mit alleiniger Ausnahme des Zinks, *positiv* elektrisch, dieses dagegen *negativ* elektrisch, was sich mir bei wiederholten Prüfungen beständig gezeigt hat. Daraus ist zu schliefsen, dafs nur das Zink in der Chromsäurelösung eine Wasserzersetzung bewirkt, die übrigen genannten Metalle, welche von derselben angegriffen werden, auf Kosten der Chromsäure oxydirt werden. Kupfer, Messing und Neusilber behielten in der Lösung eine metallische Oberfläche, welche nur etwas rauh (matt) wurde, und es senkten sich von diesen Metallen dunkel gefärbte Fäden auf den Boden *des Gefäfses* hinab; das Zink überzog sich mit einer dunklen, *das Silber* mit einer rothbraunen Haut. Als ich nun

in dem vorhin erwähnten Versuche die Lösung des zweifach chromsauren Kali durch Chromsäurelösung ersetzte, erhielt ich nur mit Platindrähten eine geringe Ablenkung der Galvanometernadel (5°), der Stromrichtung vom Platin zur Säure entsprechend, mit den übrigen Metallen dagegen kräftige (nur beim Silber schwächere und abnehmende) Ablenkungen in der entgegengesetzten Richtung von der Säure zum Metall, entsprechend (mit Ausnahme des Silbers und Zinks) der positiven Erregung durch die Säure und der negativen Erregung durch die Lösung des zweifach schwefelsauren Kali; beim Zink mufs der Erfolg durch die überwiegende Wirkung der Salzlösung, beim Silber durch die überwiegende Wirkung der Säure bedingt worden seyn.

Zu einigen bemerkenswerthen Ergebnissen hat mich die galvanische Combination der Aetzkalilösung und Salpetersäure mit Platindrähten (die sogenannte Becquerel'sche Kette) geführt. Zu den zwei mit diesen Flüssigkeiten gefüllten und durch einen Leinenstreifen verbundenen Glasgefäfsen (Kali 1, Säure 2) fügte ich ein drittes (3), welches zuerst auch mit Salpetersäure und danach mit Schwefelsäure gefüllt und durch einen Leinenstreifen mit der Salpetersäure in 2 verbunden wurde. Die beiden Säuren waren etwas verdünnt. Die Platindrähte befanden sich in 1 und 3. Als in 3 Salpetersäure war, nahm die Nadel des eingefügten Galvanometers nach einiger Zeit eine feste Stellung bei 15° ein. Die verhältnifsmäfsig kräftige und constante Wirkung verdankt diese Combination, bei der geringen elektromotorischen Wirkung der Aetzkalilösung auf Platin, wesentlich der Salpetersäure, welche auf Platin kräftig positiv erregend wirkt und zugleich die Anhäufung des elektrisch ausgeschiedenen Wasserstoffs an demselben dadurch verhindert, dafs sie durch den Wasserstoff fortwährend im ersten Augenblick seines Freiwerdens zu salpetriger Säure reducirt wird. Dieses durch den Versuch zur Anschauung zu bringen, wurde aus 3 die Salpetersäure entfernt und statt ihrer Schwefelsäure eingeschüttet. Nach *Wiedereinsetzung des Platin*drahts und Schliefsung der Kette

erreichte die Galvanometernadel nur eine bleibende Ablenkung von 5°, wodurch die erhöhte Wirkung der Polarisation des in der Schwefelsäure befindlichen Platindrahts sich unzweideutig zu erkennen gab. Nachdem einige Zeit verflossen war, brachte ich in die Schwefelsäure (3) ein Körnchen Zink, welches darin alsbald eine lebhafte Entwickelung von Wasserstoffgas bewirkte, wobei dann allmählich eine rückgängige Bewegung der Galvanometernadel eintrat, welche den Nullpunkt überschritt und eine dauernde (der ursprünglichen entgegengesetzte) Ablenkung von 7° erlangte. Nachdem das Zink verschwunden und die Gasentwicklung damit beendigt war, hielt die Nadel sich noch eine Zeitlang auf ihrem Stande, fing dann aber langsam zurückzuweichen an, überschritt wieder den Nullpunkt und kam nach Verlauf mehrer Stunden (nach der vollständigen Entweichung aus der Schwefelsäure) wieder nahe bei ihrem ursprünglichen Stande an. Ich bemerke ausdrücklich, dafs während aller dieser Vorgänge die Verbindung der Aetzkalilösung mit der Salpetersäure ungestört geblieben ist, woraus sich unzweideutig erkennen läfst, dafs die chemische Vereinigung beider Flüssigkeiten keine Einwirkung auf die beobachteten Erscheinungen geübt hat. In der That beobachtet man dieselben auch, wenn man diese Flüssigkeiten gleich anfangs durch eine Salpeterlösung trennt, wodurch die chemische Vereinigung derselben ausgeschlossen wird.

Auch in dem folgenden Versuche spielt der Wasserstoff eine wirksame Rolle. In mit Schwefelsäure schwach angesäuertes Wasser (in einem Glasgefäfse befindlich) wurde ein Zink- und ein Kupferstreifen gestellt; jener war mit einem Zinkdraht, dieser durch den Multiplicator mit einem Kupferdraht verbunden, welche beide Drähte in eine Lösung von einfach chromsaurem Kali eingesenkt wurden. Es erfolgte eine mäfsige Bewegung der Nadel und Einstellung derselben nach einigen Schwankungen bei 10°. In dem gesäuerten Wasser bewirkte das Zink eine sichtbare, das *Kupfer* nur eine unmerkliche Wasserzersetzung, in Folge

dessen das Zink überwiegend negativ elektrisch wurde. In der Lösung fand keine chemische Wirkung statt, sondern nur eine elektromotorische, durch welche beide Drähte positiv elektrisch wurden, der Zinkdraht jedoch in höherem Grade als der Kupferdraht. Die beiden am Zink überwiegenden Wirkungen verursachten den beobachteten elektrischen Strom, dessen Richtung diesen Wirkungen entsprach. Ein Contact heterogener Metalle war ausgeschlossen, da die Zwischenleitungen nicht in Betracht kommen. Ich ersetzte hierauf den Zinkdraht durch einen Kupferdraht und stellte dadurch eine metallische Berührung zwischen Zink und Kupfer her; in der Lösung befanden sich nun zwei Kupferdrähte, deren elektromotorische Wirkungen mit derselben sich also aufhoben. Wäre die Berührung von Zink und Kupfer unwirksam, so hätte jetzt eine verminderte Wirkung des Systems auf die Galvanometernadel eintreten müssen; bei der Schliefsung der Kette erfolgte jedoch eine sehr kräftige Bewegung der Nadel in der dem Metallcontact entsprechenden und mit der vorigen übereinstimmenden Richtung; nach längeren Schwankungen stellte die Nadel sich auf 45° ein.

Als ich diesen Versuch mit Kupfer und Eisen wiederholte, erhielt ich beziehungsweise die Ablenkungen 10° und 20° in derselben Richtung wie früher, also eine Verminderung der Wirkung, wie sie bei der verminderten Contactwirkung im Voraus zu erwarten war. Die elektromotorische Wirkung der Berührung von Wasserstoff und Eisen kommt hiernach der von Wasserstoff und Zink mindestens gleich; in einem Versuche mit Zink und Eisen erwies sie sich sogar gröfser. Die Ablenkung ohne Berührung dieser Metalle betrug nämlich — 5°, die Ablenkung bei dieser Berührung + 10°. In der That wenn die Wasserzersetzung durch Zink und Eisen, wie es scheint, ungefähr gleich stark ist, so ist eine kräftigere negative Erregung des Eisens unter den Umständen des Versuchs den Contactverhältnissen ganz entsprechend.

II. Elektrische Wirkung der Reibung zwischen heterogenen Flüssigkeiten.

Ich hatte gelegentlich beobachtet, dafs eine schwerere wässerige Flüssigkeit, welche durch ein senkrechtes Haarröhrchen in eine leichtere einfliefst, mit der letzteren sich nicht sogleich mischt, sondern in einem wohlbegränzten Faden bis auf eine gewisse Tiefe hinabzieht, dann allmählich eine feine tropfen- und fadenförmige Zertheilung erleidet und zuletzt in kleinen Wolken auf den Boden des Gefäfses niedersinkt, welches alles, wenn das Gefäfs von Glas ist, mit Hülfe einer Lupe von gröfserer Brennweite selbst bei farblosen Flüssigkeiten sich sehr gut beobachten läfst. Diefs führte mich auf den Gedanken zu versuchen, ob bei einer in solcher Weise eintretenden Reibung zwischen zwei heterogenen Flüssigkeiten eine erkennbare Elektricitätsentwicklung eintreten möge, wozu ich folgende Einrichtung wählte. Ein 25 Cm. hoher und 5,7 Cm. weiter Glascylinder und ein an seinem oberen Rande befestigtes kleines Glasgefäfs wurden mit Regenwasser gefüllt; in den Korkboden eines kurzen Glasröhrenstücks von 1,5 Cm. Weite wurde ein 3,8 Cm. langes Haarröhrchen (mit elliptischer Oeffnung von 0,4 und 0,6 Mm. Durchmesser) geschoben und dieses Trichtergefäfs über dem Glascylinder neben dem erwähnten kleinen Glasgefäfse so angebracht, dafs die untere Spitze des Haarröhrchens ein wenig in das Wasser des ersteren eintauchte. In das kleine Glasgefäfs und in das Wasser des Glascylinders (an seinem jenem gegenüberstehenden Rande) wurden wohlgereinigte Platindrähte eingesenkt und diese mit dem Galvanometer vermittelst des bereits erwähnten federnden Stromschliefsers verbunden. Aus dem kleinen Glasgefäfse wurde sodann ein benäfster Leinenstreifen in das Trichtergefäfs geführt und dieses zunächst auch mit Regenwasser versehen, während das Haarröhrchen durch ein zugespitztes Hölzchen von oben verschlossen war. Beim Herausziehen dieses letzteren flofs das Wasser im Trichter ab, und durch die Lösung der Feder des Stromschliefsers wurde ein geschlossener galvani-

scher Kreis hergestellt; in demselben etwa vorhandene unsymmetrische elektrische Wirkungen mufsten also, wenn sie nicht zu schwach waren, am Galvanometer sichtbar werden. Als solche sich nicht erkennen liefsen, die Platindrähte sich damit auch als homogen erwiesen, wurde (nach Abflufs des Wassers) das Haarröhrchen wieder geschlossen, der Stromschliefser gesperrt und eine andere Flüssigkeit in das Trichtergefäfs geschüttet. Dann wurde das Haarröhrchen geöffnet und der galvanische Kreis geschlossen, wonach bei allen auf solche Weise während deren Schliefsens geprüften Flüssigkeiten eine zwar geringe aber doch unzweideutige Bewegung der Galvanometernadel eintrat, welche durch die Lupe des Galvanometers sehr genau beobachtet werden konnte. Vor jeder Aenderung der Flüssigkeit liefs ich eine hinreichende Menge Wasser durch das Haarröhrchen fliefsen und erneuerte auch das Regenwasser und den Leinenstreifen zuweilen; überhaupt überzeugte ich mich vor jedem neuen Versuch von der Abwesenheit störender Wirkungen. Auf solche Weise wurden bei den verschiedenen Flüssigkeiten folgende in Viertelgraden ausgedrückte Ablenkungen der Galvanometernadel und eine constante von der fliefsenden Flüssigkeit zum Wasser gehende Stromrichtung beobachtet:

Lösung von	schwefelsaurem	Kupferoxyd	4 bis 6
»	»	Eisenoxyd	4 » 6
»	Eisenchlorid		7 » 8
»	salpetersaurem	Bleioxyd	5 » 6
»	Chlorbarium		5 » 6
Salpetersäure			8 » 9

Hiernach war beim Einfliefsen der schwereren Flüssigkeiten in das Wasser eine schwache elektrische Wirkung unverkennbar vorhanden, deren Entstehung möglicherweise von dem Fliefsen der Flüssigkeit durch das Haarröhrchen, oder von der Diffusion derselben im Wasser, oder von der Veränderung des Wassers im Glascylinder (welche in dem kleinen Glasgefäfse nicht wohl eintreten konnte), oder *von der bloßen Berührung* der heterogenen Flüssigkeiten,

oder endlich von dem höchst geringen zeitweisen Abfliefsen des Wassers durch den Leinenstreifen hergeleitet werden könnte. Dafs die Bewegungen der Flüssigkeiten in dem Haarröhrchen und dem Leinenstreifen die fragliche Wirkung nicht hatte, zeigte sich, als ich das Wasser des Seitengefäfses mit dem des Cylinders zuerst durch einen längeren Leinenstreifen und hiernach durch ein Haarröhrchen verband, wobei ein ziemlich rasches Abfliefsen stattfand, aber eine Bewegung der Galvanometernadel nicht wahrzunehmen war. Eine Veränderung des Wassers in dem Cylinder (in der Umgebung des darin befindlichen Platindrahts) konnte nicht stattgefunden haben, da eine Umwechslung der beiden Platindrähte keine Aenderung der beobachteten Erscheinung bewirkte. Auch die Diffusion der heterogenen Flüssigkeiten konnte keinen Einfluſs gehabt haben, da sie gleichzeitig nach zwei entgegengesetzten Richtungen (am Boden des Cylinders und im Leinenstreifen) stattfand [1]). Um einen etwaigen Einfluſs der Berührung der

1) An einem andern Orte (Ann. Bd. 111 S. 143) habe ich nachzuweisen versucht, dafs die Diffusion verschiedenartiger Flüssigkeiten eine wahrnehmbare Elektricitätsentwickelung überhaupt nicht bewirken könne. Aus Rücksicht für die Bemerkungen des Hrn. Wüllner (Ann. Bd. 111 S. 630) habe ich noch folgenden Versuch hierüber mit der gröfsten Sorgfalt ausgeführt. Um die Diffusion nach den entgegengesetzten Richtungen so ungleich wie möglich zu machen, habe ich durch den Kork am Boden der senkrechten Glasröhre ein sehr dünnes rundes quer gegen die Fasern geschnittenes Stäbchen von hartem Buchenholz geschoben, welches der auf dem Kork sich bildenden concentrirten Salzlösung nur eine Kreisfläche von 2 Mm. Durchmesser zur Berührung darbot und mit seinem unteren Ende in einem Gefäfse mit derselben Flüssigkeit stand, mit welchem die Glasröhre gefüllt war. Wie schwierig das Eindringen der Salzlösung in das Holz gewesen seyn mufs, erhellt daraus, dafs selbst nach 30 Stunden in der Flüssigkeit des unteren Gefäfses, ungeachtet des Druckes, unter welchem die Salzlösung sich befand, von dieser (Kochsalz) noch keine Spur durch salpetersaure Silberlösung erkannt werden konnte. Nachdem ich nun von der Homogenität der als Elektroden dienenden beiden Platindrähte mich überzeugt hatte, stellte ich den einen derselben in dieses untere Gefäfs, den andern in ein *neben dem* oberen Ende der Glasröhre angebrachtes kleines Glasgefäfs, *dessen gleiche* Flüssigkeit durch einen Leinenstreifen mit der Flüssigkeit

beiden heterogenen Flüssigkeiten aufzufinden, nahm ich statt des hohen Cylinders ein niedriges Glasgefäfs und liefs (unter Beibehaltung der übrigen Anordnung) die Spitze des Haarröhrchens bis nahe an dessen Boden hinab, wodurch die *Reibung* zwischen den heterogenen Flüssigkeiten jedenfalls auf ein Minimum gebracht wurde, so dafs eine Wirkung der Berührung derselben hätte zu erkennen seyn müssen. Dieses war aber nicht der Fall und es bleibt daher, wie mir scheint, nur die *Reibung zwischen den heterogenen Flüssigkeiten* als Ursache der beobachteten elektrischen Wirkungen übrig.

Um diese Elektricitätsentwicklung wo möglich zu verstärken, versuchte ich zunächst ein Haarröhrchen mit etwas weiterer Oeffnung, durch welches ein rascheres Abfliefsen der Flüssigkeiten in den Glascylinder erfolgte; der Zweck desselben wurde jedoch nicht erreicht: durch das stärkere Eindringen der schweren Flüssigkeiten wurde nämlich der Widerstand des Wassers so vergröfsert, dafs nur ein sehr kurzer Faden sich bilden konnte und schon in den oberen Schichten des Wassers eine Mischung desselben mit den

der Glasröhre verbunden war. Die gebrauchte Flüssigkeit war destillirtes Wasser mit einem Minimum von Schwefelsäure. Nachdem der Apparat eine Weile so vorbereitet gestanden hatte, liefs ich in die Glasröhre Körnchen von Kochsalz vorsichtig einfallen, welche am Boden alsbald in Lösung übergingen. Hiermit war die beabsichtigte Störung der Symmetrie in die Beschaffenheit der Flüssigkeitsportionen eingeleitet; von einer elektrischen Wirkung derselben habe ich aber auch nicht die leiseste Spur wahrgenommen, obgleich der Versuch über 24 Stunden lang unter störungsfreien Umständen fortgesetzt wurde. Aufser dem Kochsalz habe ich auch Eisenvitriol, für sich und mit ersterem zusammen, versucht, aber immer das gleiche negative Resultat erhalten, wodurch ich denn in meinen Ansichten über die fragliche Elektricitätsentwicklung entschieden bestärkt worden bin. Absolut entscheidend ist freilich kein Versuchsergebnifs; es scheint mir aber sehr mifslich, der Empfindlichkeit eines physikalischen Instruments eine allzu grofse Bedeutung beizulegen. Uebrigens ist das von mir gebrauchte Galvanometer doch empfindlich genug, die Wirkung des wiederholten Bestreichens eines seiner Drahtenden mit einer geriebenen Siegellackstange (bei ableitender Berührung *des anderen*) durch einen Nadelausschlag von mehr *als $\frac{1}{4}^{\circ}$ deutlich erkennen zu lassen.*

einfliefsenden Flüssigkeiten erfolgte, welche denn auch an dem im Wasser befindlichen Platindrahte zu erkennen war. Dagegen wurde durch den Gebrauch eines engeren Haarröhrchens, welches eine Vergröfserung des Flüssigkeitsfadens und eine Verlangsamung des Abfliefsens veranlafste, die elektrische Wirkung am Galvanometer nur unbedeutend vermindert. Die Anwendung von Brunnenwasser statt des Regenwassers erzeugte nur sehr schwache Wirkungen; es traten darin sogleich starke Trübungen ein, womit die Reinheit der ganzen Erscheinung aufhörte.

Göttingen im Juli 1862.

(Wird fortgesetzt.)

XI. *Ueber die Bildung des Ozons auf chemischem Wege.*

(Aus R. Böttger's Polytechn. Notizblatt, 1862, No. 19, vom Hrn. Herausgeber übersandt).

In der am 5. Juli d. J. abgehaltenen Sitzung des physikalischen Vereins in Frankfurt a. M. referirte Prof. Böttger über eine angeblich neue Bereitungsweise des Ozons auf chemischem Wege und sein Verhalten zu verschiedenen Stoffen. Prof. Schönbein theile, bemerkt der Redner, in dem neuesten Hefte der Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel mit, dafs es ihm endlich nach vieljährigem Bemühen gelungen sey, auf chemischem Wege das Ozon aus einem sogenannten Ozonid, dem übermangansauren Kali nämlich, mittelst Baryumsuperoxyd, abzuscheiden. Dieser interessanten Thatsache habe er (Prof. Böttger) aber bereits schon vor zwei Jahren, nämlich im Juni 1860 (laut Jahresbericht des physikal. Vereins von 1859—60), gelegentlich der Mittheilung neuer Bereitungsweisen von übermangansauren Salzen, im Kreise der Mit-

glieder genannten Vereins ausführlich gedacht, und ein Vierteljahr später in einer der Sectionssitzungen für Chemie auf der Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Königsberg sogar öffentlich zur Sprache gebracht. Da uns zufällig der amtliche, im Buchhandel erschienene Bericht der Königsberger Versammlung zur Hand ist, so wollen wir nicht unterlassen, das hierüber auf S. 110 daselbst Mitgetheilte hier wiederzugeben.

Nachdem nämlich ein Referat von Prof. Böttger's Vortrag über explodirendes Antimon, ferner über das nach seiner Methode auf elektrolytischem Wege gewonnene Eisen gegeben worden, heifst es wörtlich: »*Ebenso überraschend waren dessen neueste Beobachtungen über eine neue langandauernde Ozonquelle, die man erhält, wenn man* 2 *Gewichtstheile staubtrocknes, gepulvertes übermangansaures Kali mit* 3 *Gewichtstheilen Schwefelsäurehydrat überschüttet, dieses Gemisch (etwa* 2 *Loth) in eine* 2 *Liter fassende Flasche einträgt und verschliefst. Die Luft in dieser Flasche ist fortan so stark ozonisirt, dafs das Ozon durch das Houzeau'sche Reagens, durch den Geruch und alle übrigen bekannten Mittel auf's Schärfste dargethan werden kann. Bei dieser Gelegenheit hob er hervor, dafs die Zusammensetzung der Uebermangansäure, wie sie Mitscherlich angegeben, die allein richtige sey und die Angaben Phipson's jedenfalls auf einem Irrthum beruhen. Der Vortragende erklärte ferner, dafs er binnen Kurzem seine neuen zweckmäfsigeren Darstellungsweisen verschiedener übermangansaurer Salze der Oeffentlichkeit übergeben werde.*«

Der Vortragende wies ferner experimentell nach, dafs es zur Entwickelung von Ozon aus einem Gemisch von Schwefelsäure und übermangansaurem Kali, des Baryumsuperoxyds gar nicht bedürfe, indem bei der in gewöhnlicher Lufttemperatur schon von selbst erfolgenden langsamen Zersetzung des übermangansauren Kalis durch Schwefelsäurehydrat, unter Ausscheidung von Mangansuperoxyd, der entweichende Sauerstoff aufs stärkste ozonisirt erscheine. *Schliefslich erinnerte der* Redner von neuem an eine gleich-

falls schon früher von ihm entdeckte merkwürdige Eigenschaft eines Gemisches von Schwefelsäure und übermangansaurem Kali, nämlich unter allen bis jetzt bekannten Stoffen — am stärksten oxydirend zu wirken! — Aether, Alkohol, sämmtliche ätherische Oele, sowie sonstige brennbare Stoffe, sieht man bei ihrer Berührung mit kaum einer Spur jenes Gemisches, *augenblicklich flammend sich entzünden*, ja manche Stoffe werden bei ihrer Berührung mit jenem Gemische sogar unter explosionsartigem Geräuch entzündet, und Schwefelblumen z. B. momentan in Schwefelsäure verwandelt.

Am Schlusse seines Vortrags bemerkte der Redner noch, er werde nächstens über Prof. Schönbein's interessante Beobachtungen hinsichtlich neuer Bildungsweisen des salpetrigsauren Ammoniaks referiren, könne aber auch hierbei nicht umhin, wiederholt daran zu erinnern, dafs er (Prof. Böttger) es gewesen sey, welcher *zuerst bestimmt ausgesprochen und experimentell bewiesen, dafs bei jedwedem Acte der Verbrennung*, geschehe diese in atmosphärischer Luft, — *ohne Ausnahme — salpetrigsaures Ammoniak gebildet werde.*

XII. *Ein neues Metall im gediegenen Platin vom Rogue River in Oregon;*

von C. F. Chandler,
Prof. der Chemie am Union College.

(Silliman's *Journ. New. Ser. Vol. XXXIII p.* 351.)

Als ich vor mehr als einem Jahr gediegenes Platin von der obigen Fundstätte untersuchte, überzeugte ich mich von der wahrscheinlichen Existenz eines bisher unbekannten Metalls. Ich enthielt mich der Veröffentlichung meiner Beobachtungen, da ich hoffte, reichlicheres Material zu einer voll-

ständigeren Untersuchung zu erhalten, was aber bisher nicht der Fall war.

Die Menge des untersuchten Platins betrug nur wenige Gramme. Es wurde, um die Unreinigkeiten zu entfernen, mit Chlorwasserstoffsäure digerirt, und darauf die so erhaltene Lösung dem gewöhnlichen Gange der qualitativen Analyse unterworfen.

Durch Schwefelwasserstoff entstand ein brauner Niederschlag, welcher sich auf Zusatz eines Krystalls von chlorsaurem Kali leicht in Chlorwasserstoffsäure löste. In dieser Lösung erzeugte metallisches Zink einen Niederschlag, welcher metallischem unter gleichen Umständen erhaltenem Zinne glich. Dieser Niederschlag löste sich bei Erwärmung leicht in Chlorwasserstoffsäure, allein die so erhaltene Lösung wirkte nicht auf eine Lösung von Quecksilberchlorid ($HgCl$), und beim Erkalten setzte sie kleine Krystalle in geringer Menge ab. Um vor Irrthümern sicher zu seyn, wurden diese Versuche zwei bis drei Mal mit kleinen Portionen der ursprünglichen Lösung wiederholt, aber immer mit demselben Erfolg.

Das Chlorid dieses Metalls ist also darin vom Zinnchlorür verschieden, dafs es Quecksilberchlorid nicht zu Colomel reducirt, und in der Kälte nur wenig löslich ist.

Als ich diese Beobachtungen einem Freunde mittheilte, verwies mich derselbe auf F. A. Genth's Ankündigung eines neuen Metalls i. J. 1852 [1]), die mir bisdahin entgangen war.

Das vom Dr. Genth beobachtete Metall fand sich unter Platinkörnern aus Californien. Es war schmiedbar, schmolz leicht vor dem Löthrohr auf Kohle und überzog sich mit schwarzem Oxyd, löste sich in Borax zu einer farblosen Perle, die beim Erkalten opalescirte, ward von heifser Chlorwasserstoffsäure und von Salpetersäure gelöst, und die Lösung gab mit Schwefelwasserstoff einen braunen Niederschlag. Wahrscheinlich ist also das von mir beobachtete Metall identisch mit dem von Dr. Genth untersuchten.

Schenectady, 6. März 1862.

1) *Proceed. of the Phil. Acad. Nat. Science*, Dec. 1852.

XIII. *Logeman'sche Magnete.*

Die gröfsten der bisher von Hrn. Logeman in Haarlem angefertigten Magnete sind:

1. Einer von etwa 61 Kilogrm. Gewicht und von 275 Kilogrm. Tragkraft, aus 7 Lamellen bestehend, im Besitz der *Ecole polytechnique* zu Paris.

2. Einer von etwa 45 Kilogrm. Gewicht und von 208 Kilogrm. Tragkraft, aus 5 Lamellen bestehend, im Besitz der *Royal Institution* zu London.

3. Einer von etwa 43 Kilogrm. Gewicht und von 200 Kilogrm. Tragkraft, aus 5 Lamellen bestehend, im Besitz des Hrn. Elias, früher in Haarlem, jetzt in Haag.

4. Einer von etwa 30 Kilogrm. Gewicht und von 150 Kilogrm. Tragkraft, aus 5 Lamellen bestehend, im Besitz der Allgm. Kriegsschule in Berlin.

Viele von 100 Kilogrm. Tragkraft sind im Besitz des Prof. Clausius in Zürich, Hrn. Kelson in Haarlem, Prof. Tyndall in London, usw.

Seit 1859 hat Hr. Logeman sein Geschäft den HH. Funckler und Richard übergeben, von denen jetzt Magnete verfertigt werden.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Stallschreiberstr. 47.

1862. ANNALEN No. 10.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND CXVII.

I. *Magnetische Untersuchungen;* *von G. Wiedemann.*

Die ältere Ansicht, dafs die Magnetisirung des Eisens und Stahles auf einer Scheidung der magnetischen Fluida in den Molecülen der Metalle beruhe, ist in neuerer Zeit durch die Annahme von fertig gebildeten, permanenten Molecularmagneten verdrängt worden, welche in den unmagnetischen Körpern durch die Molecularkräfte in allen möglichen Gleichgewichtslagen erhalten, bei Einwirkung magnetisirender Kräfte aber in bestimmte Lagen gerichtet werden, die, abgesehen von Bewegungshindernissen, den Resultanten der auf sie wirkenden Kräfte entsprechen. Aus letzterer Annahme hat namentlich W. Weber [1]) (§. 284) die allmähliche Annäherung des temporären magnetischen Momentes eines Eisenstabes an ein Maximum berechnet, wie sie von Joule (§. 268) und Müller (§. 269) zuerst beobachtet worden ist. Diese Annäherung liefse sich indefs, wie es von Plücker (§. 283) geschehen ist, auch mit Zugrundelegung der älteren Ansicht, durch Annahme eines Widerstandes erklären, welcher bei fortschreitender Scheidung der in den Molecülen vereinten magnetischen Fluida wüchse. Dagegen scheinen die Beziehungen, welche sich zwischen den mechanischen Gestaltsveränderungen der Körper und den Veränderungen ihrer Magnetisirung ergeben haben, und die auch ich in mehreren Abhandlungen ausführlicher erör-

1) In Bezug auf die Literatur verweise ich auf mein Werk »die Lehre vom Galvanismus und Elektromagnetismus.« Braunschweig 1861. Die im Text *in Klammern aufgeführten* Zahlen beziehen sich auf die betreffenden *Paragraphen des zweiten* Bandes desselben.

tert habe, kaum auf andere Weise eine theoretische Begründung zu finden, als durch die Annahme drehbarer Molecularmagnete. Das eigenthümliche Verhalten der von Beetz zwischen Magnetpolen galvanisch niedergeschlagenen Magnete (§. 291) giebt derselben eine weitere Stütze. Es schien mir nicht unwichtig, auch noch einige fernere Thatsachen beizubringen, welche sich nur durch die neuere Annahme erklären lassen und so zu einer festeren Begründung derselben beitragen zu können.

1. Abhängigkeit des temporären magnetischen Momentes von der Intensität der magnetisirenden Kraft.

Das früher aufgestellte Gesetz der Proportionalität zwischen dem temporären magnetischen Moment elektromagnetisirter Eisenstäbe und der Intensität der magnetisirenden Ströme (§. 263) ist schon für stärkere magnetisirende Kräfte durch den Nachweis des magnetischen Maximums widerlegt worden. Indefs hatte ich gezeigt, dafs auch bei schwächeren magnetisirenden Kräften Anfangs die temporären Momente, zunächst in kürzeren (220^{mm} langen) Eisenstäben, *schneller* wachsen als die Intensitäten der magnetisirenden Ströme, dafs diese Abweichung aber bei wiederholter Einwirkung von Strömen, welche den magnetisirenden entgegengesetzt sind und das in den Stäben zurückbleibende permanente Moment vernichten, und neuer temporärer Magnetisirung der Stäbe im früheren Sinne mehr und mehr zurücktritt. Auch Lenz hat diese Erscheinung gelegentlich beobachtet, ohne sie indefs weiter zu verfolgen, und Dub hat dieselbe durch einen Versuch bestätigt (§. 276).

Durch einige neuere Versuche habe ich diese Abweichung von der Proportionalität der temporären Momente und magnetisirenden Kräfte namentlich bei längeren Stäben weiter zu verfolgen mich bemüht. Der magnetisirende Strom wurde durch einen, in der Ebene des magnetischen Meridians aufgestellten, verticalen Drahtkreis von 200^{mm} Durchmesser geleitet, welcher in einiger Entfernung vor einem *kleinen, in einer* dicken Kupferhülse schwingenden magnetisirten *Stahlspiegel A* (von einem Spiegelgalvanometer §. 181) *stand. Die Ablenkungen* dieses Spiegels durch den Strom

wurden durch ein Fernrohr an einer 1510^{mm} vor demselben stehenden Scala beobachtet. Etwa 3 bis 4^{m} südlich von dem Spiegel wurden die zu untersuchenden geraden Eisenstäbe in ostwestlicher Lage horizontal hingelegt, oder statt ihrer hufeisenförmige Stäbe so aufgestellt, dafs die Ebene ihrer nach unten gekehrten verticalen Schenkel in die magnetische Ost-Westebene fiel. Sämmtliche Stäbe waren aus dem weichsten, mit Holzkohlen erblasenen Eisen (von Belfontaine im Jura) gefertigt und vor den Versuchen in ostwestlicher Lage ausgeglüht und langsam abgekühlt. Sie waren ihrer ganzen Länge nach mit den Magnetisirungsspiralen umgeben, durch welche der vom strommessenden Apparat kommende Strom geleitet wurde. In der Verlängerung der Axe der Stäbe oder der durch die Mittelpunkte der Endflächen der Hufeisen gelegten Linie schwebte in einer Kupferhülse ein zweiter magnetisirter Stahlspiegel *B*, dessen Ablenkungen das Moment der ihm gegenüber stehenden Elektromagnete bestimmten. Diese Ablenkungen wurden vermittelst eines Fernrohres an einer 1290^{mm} vom Spiegel entfernten Scala abgelesen. Da indefs trotz der weiten Entfernung die elektromagnetisirten Stäbe den Spiegel *A* des strommessenden Apparates ablenken konnten, so wurde nach der ersten Bestimmung der Ablenkung beider Spiegel *A* und *B* in Folge des hindurch geleiteten Stromes der dem Spiegel *A* gegenüberstehende Drahtkreis durch eine Wippe aus der Schliefsung ausgeschaltet, und dafür ein aus zwei parallelen und dicht neben einander liegenden Hälften bestehender Draht von gleichem Widerstand eingefügt. Der Strom durchfloſs die beiden Hälften des Drahtes in entgegengesetzter Richtung, so dafs er für sich den Spiegel *A* nicht ablenkte. Die Ablenkung des Spiegels *B* blieb dabei ungeändert. Die jetzt noch stattfindende, von der Einwirkung der elektromagnetisirten Stahlstäbe herrührende, kleine Ablenkung des Spiegels *A* wurde von der zuerst beobachteten Ablenkung desselben subtrahirt. Die Differenz entsprach der *zu messenden Stromintensität*. Jeder Stab wurde *erst einmal durch aufsteigende* Ströme magnetisirt, sodann

wurde ihm durch entgegengesetzte Ströme der zurückgebliebene permanente Magnetismus entzogen, der Stab von Neuem magnetisirt und dieses Verfahren acht bis zehn Mal wiederholt. Die bei der jedesmaligen ersten und letzten Magnetisirung erhaltenen Resultate sind in der folgenden Tabelle unter I und II verzeichnet. Dieselbe giebt unter J die Intensitäten der magnetisirenden Ströme, unter M die denselben entsprechenden relativen Momente der Eisenstäbe. Die Einwirkung der dieselben umgebenden Spiralen auf den Stahlspiegel B ist dabei subtrahirt. Die Columne q enthält das Verhältnifs $\frac{M}{J}$ der beiden Werthe M und J. Die beobachteten Tangenten der doppelten Ablenkungswinkel der Spiegel A und B sind auf die den Werthen J und M entsprechenden Tangenten der einfachen Ablenkungswinkel reducirt. Es bezeichnet endlich l die Länge, d den Durchmesser der Stäbe, a den Abstand des ihr Moment messenden Stahlspiegels von dem ihm zugekehrten Ende der Stäbe oder, bei den Hufeisen, von der Axe des ihm zugewandten Schenkels. e ist der Abstand der Axen der Schenkel der Hufeisen von einander, w die Zahl der Drahtwindungen der die Eisenstäbe und Hufeisen umgebenden Spiralen.

Stab I.

$l = 1000^{mm}$, $d = 10{,}3^{mm}$, $a = 1000^{mm}$, $w = 500$.

I.			II.		
J	M	q	J	M	q
4,65	11,63	2,500	10,96	46,92	4,281
7,86	23,42	2,982	14,84	66,36	4,473
13,96	52,82	3,639	20,21	95,98	4,747
19,49	48,41	3,758	29,09	146,5	5,035
25,89	99,82	3,807	37,40	170,3	4,555
30,1	115,8	3,845	44,38	192,3	4,322
41,7	158,4	3,798	50,94	204,9	4,015
48,03	173,1	3,602	58,09	220,8	3,801
56,04	193,2	3,446	71,68	242,5	3,384
61,31	207,6	3,310	84,09	256,5	3,051
74,91	230,9	3,072	91,31	263,6	2,887
83,10	244,0	2,935	114,4	282,1	2,467
87,78	249,7	2,844	—	—	—
107,3	273,9	2,553	—	—	—

Stab II.

$l = 500^{mm}$, $d = 10{,}3^{mm}$, $a = 1000^{mm}$, $w = 248$.

I.			II.		
J	M	q	J	M	q
3,48	3,63	1,041	12,25	13,90	1,135
12,51	13,73	1,097	15,88	20,50	1,291
17,07	20,07	1,176	18,88	24,73	1,310
20,80	25,95	1,248	26,19	36,25	1,385
27,55	35,22	1,278	32,53	45,73	1,406
35,12	45,63	1,299	39,72	57,65	1,452
46,08	61,77	1,341	46,65	69,05	1,481
54,37	73,43	1,351	54,91	81,77	1,489
73,79	103,1	1,398	82,12	129,3	1,574
82,87	114,5	1,382	94,82	136,8	1,443
90,18	125,9	1,396	107,5	152,4	1,418
100,2	137,1	1,369	117,0	163,4	1,396
114,0	150,8	1,320	134,8	177,8	1,320
149,7	187,3	1,251	172,2	191,5	1,113

Stab III.

$l = 250^{mm}$, $d = 10{,}3^{mm}$, $a = 1000^{mm}$, $w = 130$.

4,04	1,162	0,2875	12,22	4,07	0,3332
8,23	2,520	0,3061	20,21	6,90	0,3413
14,57	4,845	0,3324	26,63	9,419	0,3538
19,93	6,589	0,3317	33,89	12,25	0,3614
28,21	9,497	0,3366	41,33	15,12	0,3659
39,98	13,76	0,3442	58,98	22,02	0,3733
59,88	20,74	0,3463	78,70	28,67	0,3644
74,91	26,16	0,3493	88,06	33,14	0,3763
86,02	30,70	0,3569	98,77	37,41	0,3787
98,24	35,08	0,3571	110,8	41,86	0,3779
106,9	39,02	0,3652	127,4	48,45	0,3805
123,4	44,96	0,3643	139,3	53,30	0,3824
145,2	52,71	0,3629	158,6	60,27	0,3802
167,0	60,20	0,3604	176,8	66,85	0,3782

Stab IV.

$l = 1002^{mm}$, $d = 31{,}7^{mm}$, $a = 1725^{mm}$, $w = 357$.

9,322	13,55	1,454	9,54	15,13	1,586
12,86	19,24	1,498	13,44	21,38	1,629
17,51	26,85	1,533	17,93	29,06	1,623
26,48	42,84	1,618	35,52	61,37	1,728
30,98	51,19	1,656	44,24	77,82	1,759
39,72	67,32	1,691	53,70	93,44	1,740
45,26	79,34	1,713	91,94	173,0	1,882
52,12	91,35	1,753	103,0	195,0	1,892
70,37	127,4	1,809	116,6	221,3	1,898
77,96	142,8	1,831	132,3	252,3	1,905
84,57	158,0	1,867	—	—	—
98,19	*183,8*	*1,872*	—	—	—
118,5	*221,9*	*1,873*	—	—	—
132,8	*250,2*	*1,884*	—	—	—

Stab V.

$l = 493{,}8^{mm}$, $d = 31{,}7^{mm}$, $a = 1200^{mm}$, $w = 179$.

I.			II.		
J	M	q	J	M	q
11,49	12,57	1,093	10,32	10,85	1,051
13,68	14,71	1,076	19,95	21,88	1,096
17,76	19,66	1,107	29,09	32,89	1,131
27,14	30,04	1,109	41,62	46,72	1,123
37,69	42,56	1,129	53,22	59,99	1,127
49,49	56,19	1,136	64,63	81,47	1,170
62,94	72,41	1,150	80,02	93,50	1,169
75,19	86,90	1,155	95,28	111,0	1,165
89,39	104,8	1,172	110,1	129,1	1,173
100,6	118,0	1,174	117,1	139,0	1,187
113,8	134,0	1,178	134,6	159,3	1,183
132,8	157,0	1,182	—	—	—

Stab VI.

$l = 247^{mm}$, $d = 01{,}7^{mm}$, $a = 665^{mm}$, $w = 89$.

12,13	14,84	1,223	9,654	12,22	1,266
16,75	20,94	1,250	18,47	23,17	1,254
39,29	50,23	1,276	29,52	37,18	1,260
54,01	69,24	1,282	42,49	53,42	1,257
68,00	87,56	1,287	60,71	77,32	1,274
77,38	101,6	1,313	75,04	97,03	1,293
88,37	115,4	1,306	88,65	115,0	1,297
102,7	134,9	1,314	105,1	136,7	1,300
123,7	163,8	1,324	115,4	151,0	1,308
134,4	177,6	1,323	135,9	178,7	1,315
159,4	212,4	1,332	160,1	210,9	1,317
173,5	231,2	1,332	169,1	224,3	1,326

VII. Hufeisen.

$l = 1002^{mm}$, $d = 31{,}7^{mm}$, $a = 1275^{mm}$, $e = 155^{mm}$, $w = 345$.

11,03	14,85	1,346	10,76	18,32	1,703
18,41	27,58	1,533	20,68	31,56	1,750
27,20	44,31	1,629	27,29	48,38	1,773
42,66	73,74	1,730	40,64	72,26	1,778
48,91	85,70	1,752	55,33	101,0	1,828
78,70	146,4	1,859	61,30	112,1	1,830
95,10	179,2	1,884	71,53	136,4	1,906
114,0	215,4	1,889	85,15	161,6	1,899
127,2	244,8	1,952	99,08	187,8	1,895
—	—	—	113,1	215,0	1,901
—	—	—	129,3	244,2	1,889
—	—	—	137,1	256,0	1,862

VIII. Hufeisen.

$l = 500^{mm}$, $d = 31{,}7^{mm}$, $a = 910{,}5^{mm}$, $e = 155^{mm}$, $w = 171$.

I.			II.		
J	M	q.	J	M	q
11,4	14,69	1,288	13,88	17,57	1,266
21,29	28,47	1,336	22,11	29,39	1,329
32,73	44,93	1,373	34,71	46,58	1,342
43,22	60,46	1,399	51,82	70,96	1,370
54,00	76,83	1,422	67,30	93,80	1,394
81,19	117,9	1,452	84,57	121,4	1,434
85,88	127,2	1,477	96,58	139,8	1,447
113,1	164,6	1,456	110,9	160,8	1,451
126,5	186,0	1,470	125,1	181,8	1,452
149,1	220,3	1,477	165,0	238,5	1,446
168,7	249,5	1,477	—	—	—

Aus diesen Zahlenwerthen ergiebt sich:

Die temporären magnetischen Momente M der Eisenstäbe wachsen schneller an, als die Intensität J der magnetisirenden Ströme und nähern sich erst bei stärkeren Strömen einem Maximum. Das schnellere Anwachsen ist stärker bei längeren als bei kürzeren Stäben. Es zeigt sich auch noch nach wiederholten Magnetisirungen und Entmagnetisirungen bei neuer Magnetisirung der Stäbe, wenn auch weniger stark. Die Annäherung an das Maximum tritt, wie bekannt, bei längeren und dünneren Stäben schon bei schwächeren Strömen ein, als bei kürzeren und dickeren. Dabei findet sich indefs zwischen dem Anwachsen der Quotienten $\frac{M}{J}$ und ihrer Abnahme zu einem, dem magnetischen Maximum entsprechenden constanten Werth durchaus kein Uebergang, wo die magnetischen Momente innerhalb etwas weiterer Gränzen der Stromintensität proportional bleiben.

Der Grund dieser Erscheinung möchte nicht allein darin liegen, dafs die magnetischen Molecüle des Eisens erst durch die Einwirkung der magnetisirenden Ströme beweglicher werden müssen, um sodann dem Zuge der magnetisirenden Kräfte vollständig zu folgen. Da die Erscheinung sich auch nach öfterer Einwirkung entgegengesetzter Ströme und namentlich *auch bei längeren Stäben* viel deutlicher zeigt als bei kür-

zeren, so möchte sie hauptsächlich auf der Wechselwirkung der magnetischen Molecüle des Eisens beruhen.

Aus W. Weber's Betrachtungen ergiebt sich, dafs, wenn man in jedem körperlichen Element des Eisens eine grofse Zahl nach allen Richtungen durch einander liegender Molecularmagnete annimmt, man für das durch eine äufsere magnetisirende Kraft X in dem Körperelement erzeugte magnetische Moment den Werth $P = \frac{3X^2 - D^2}{3X^2}\mu$ setzen mufs, wo μ eine Constante, D das Drehungsmoment ist, welches bei der Einheit der Drehung der Molecularmagnete aus ihrer unmagnetischen Gleichgewichtslage durch die Molecularkräfte auf dieselben ausgeübt wird. Der Werth P ist dann auch in den Formeln von Poisson u. A. (§. 226 u. ff.) für die Magnetisirung der Körper an Stelle des Werthes kX zu setzen, wo k das durch die Kraft Eins in dem Körperelement erzeugte Moment wäre. Bei der Berechnung von P ist zunächst angenommen, dafs jeder Molecularmagnet unabhängig von den übrigen sich so einstellt, dafs das auf ihn durch die äufseren magnetisirenden Kräfte ausgeübte Drehungsmoment gleich ist dem Drehungsmoment der Molecularkräfte, welches ihn in seine unmagnetische Lage zurückzuführen strebt. Werden aber die magnetischen Molecüle eines Körperelementes alle mit ihren einen Polen ein wenig nach der einen Seite gerichtet, so könnten möglicher Weise jetzt die hinter einander liegenden Molecüle durch die Anziehung ihrer ungleichnamigen Pole sich gegenseitig ein wenig stärker in die magnetische Lage richten, als es durch die äufseren Kräfte allein bedingt wäre. Das Körperelement erhielte dann durch die Kraft X ein gröfseres Moment als P. Da diese Steigerung des Momentes von Element zu Element sich fortpflanzt, so steigt dadurch das Moment der ganzen Stäbe um so mehr, je mehr Elemente in ihnen auf einander folgen, je länger die Stäbe sind. Das Verhältnifs $\frac{M}{J}$ wird also gleichfalls um so mehr zunehmen, bis sich endlich die Werthe M dem Maximum nähern. Sind durch

wiederholtes Hin- und Hermagnetisiren die Molecularmagnete leichter beweglich geworden, so werden sie gleich von Anfang an den äufseren magnetisirenden Kräften, so wie den aus ihrer Wechselwirkung hervorgehenden magnetischen Kräften leichter folgen, und so auch die Quotienten $\frac{M}{J}$ schon bei schwachen magnetisirenden Kräften gröfser werden als vorher. Nichts desto weniger zeigt sich auch hier mit wachsender Stromintensität eine Zunahme derselben, da das oben von der Wechselwirkung der Molecularmagnete Gesagte auch hier noch seine Gültigkeit behalten würde.

Nehmen wir bei den geraden Stäben an, dafs die freien Magnetismen nur an ihren Endflächen concentrirt sind, so erhalten wir ihre Momente m nach der bekannten Formel $m = \frac{(b^2 - l^2)^2}{2b} M$, (§. 158) in welcher $b = a + l$ den Abstand der Mitte der Stäbe von dem abgelenkten Stahlspiegel, l ihre halbe Länge, M die in obigen Tabellen enthaltenen Tangenten der Ablenkungen des Stahlspiegels bezeichnet. Die so berechneten Werthe sind zu klein, da die gemachte Annahme nicht ganz richtig ist. Würden wir statt l den halben Abstand λ der Pole der Stäbe setzen, den wir nach den Versuchen von Lenz (§. 305 und 261) etwa $\lambda = 0{,}72\, l$ [1]) annehmen, so würden im Gegentheil die so berechneten Momente m_l etwas zu grofs ausfallen, da die Stäbe nicht, wie es bei dieser Art der Berechnung vorausgesetzt wird, sehr weit von dem Stahlspiegel entfernt sind. Der richtige Werth der Momente liegt zwischen m und m_l. — Um die Momente der Hufeisen zu berechnen, setzen wir in der Formel für l den halben Abstand e der Axen ihrer Schenkel und multipliciren die erhaltenen Werthe mit $\frac{l}{e}$ oder richtiger mit $\frac{\lambda}{e}$. Dieselben sind etwas zu klein, da die freien Magnetismen nicht allein auf den in gleicher Höhe

1) Der Werth 0,72 ist etwas zu klein, da bei den Versuchen die Momente der Stäbe als Ganzes etwas zu klein beobachtet wurden; indefs *möchte die Abweichung von dem richtigen Werth nicht bedeutend seyn (siehe auch den folgenden Aufsatz).*

mit dem Stahlspiegel befindlichen Endflächen der Hufeisen concentrirt sind. — Auf diese Weise findet man bei der ersten Magnetisirung der untersuchten Stäbe die in der folgenden Tabelle verzeichneten Momente m und m_I, welche etwa der Stromintensität 40 entsprechen. Neben denselben sind unter n und n_I die durch die Windungszahl w der Spiralen dividirten (und mit 1000 multiplicirten) Momente angegeben, d. h. die Momente, welche die Stäbe erhielten, wenn unter Annahme der Constanz der Quotienten $\frac{M}{J}$ auf einen jeden derselben im Ganzen die gleiche magnetisirende Kraft wirkte. Dividirt man die Werthe n und n_I durch l, so erhält man Gröfsen, welche den freien, auf den Magneten angehäuften Magnetismen nahezu proportional sind. Die durch Division letzterer Werthe durch die Quadratwurzel aus l erhaltenen Quotienten sind in der Tabelle unter z und z_I verzeichnet.

	m	m_I	n	n_I	z	z_I
I	10,141	11,41	20,25	22,80	100 ×640,4	100 × 72,10
II	2,371	2,463	9,559	9,954	133,5×640,4	123,4 × 72,10
III	0,480	0,486	3,693	3,736	145,9×640,4	131,0 × 72,10
IV	16,79	17,62	47,03	49,37	100 ×148,1	100 ×155,7
V	3,224	3,321	18,01	18,56	110,7×148,1	108,4 ×155,7
VI	0,595	0,610	6,685	6,852	116,2×148,1	114 ×155,7
VII		20,20		58,48		100 ×187
VIII		3,077		18,32		90,58×187

Es nehmen also die Quotienten z bei den geraden Stäben mit abnehmender Länge bedeutend zu, wie dieſs auch aus früheren, von Lenz (§. 302) und Dub (§. 303) angestellten Versuchen hervorgeht. Bei hufeisenförmigen Stäben nehmen die Quotienten dagegen ab. Letzteres Resultat ergab sich auch, als die beiden Hufeisen in gleicher Entfernung von dem magnetisirten Stahlspiegel aufgestellt und wiederum die Quotienten q bestimmt wurden. Die Werthe z *sind dann* unmittelbar gleich *const.* $\frac{q}{w\sqrt{l}}$. So fand

sich u. A.

Hufeisen VII. 1000mm lang.				Hufeisen VIII. 500mm lang.			
J	*M*	*q*	*z*	*J*	*M*	*q*	*z*
40,46	74,2	1,832	1680	43,44	22,98	0,526	1383
58,65	108,9	1,857	1702	81,53	44,88	0,552	1452
68,34	127,8	1,872	1716	95,41	53,92	0,562	1507
84,10	156,8	1,864	1708	110,8	62,76	0,576	1491
96,42	182,4	1,891	1734				

Die Werthe *z* sind bei gleichen Stromintensitäten also etwa im Verhältnifs von 100 : 115 gröfser bei dem längeren Stabe als bei dem kürzeren. Ein ähnliches Resultat ergiebt sich auch, wenn wir direct die Werthe *M* mit einander vergleichen, welche man erhält, wenn sich die Stromintensitäten umgekehrt wie die Windungszahlen verhalten, also die magnetisirende Kraft auf der Länge der Hufeisen dieselbe ist; wenigstens innerhalb der Gränzen der Intensitäten, innerhalb deren die Quotienten *q* sich nicht mehr schnell ändern. Bei schwächeren Intensitäten könnten wir aber, wie leicht ersichtlich, hiebei andere Resultate bekommen, so dafs das berechnete Verhältnifs nicht constant ist.

Der Unterschied des Verhaltens der geraden und hufeisenförmigen Stäbe kann wohl nur von der Wechselwirkung der Pole der letzteren herrühren, welche namentlich bei den längeren Stäben eine bedeutende Steigerung des magnetischen Momentes hervorruft.

II. Ueber die Beziehungen zwischen Torsion und Magnetismus.

Im Anschlufs an meine früheren Untersuchungen über diesen Gegenstand habe ich einige Versuche angestellt, die mich zu folgenden Resultaten geführt haben [1]):

1) *Tordirt man einen Eisendraht während oder auch nach dem Hindurchleiten eines galvanischen Stromes, so wird er magnetisch.*

Zum Nachweis dieses Satzes bediente ich mich eines Apparates, welcher dem, diese Annalen Bd. CIII S. 567 be-

1) Eine kurze Mittheilung über *diese* Versuche ist schon in den Monatsberichten *der Berliner Akademie* (20. November 1860) veröffentlicht *worden.*

schriebenen sehr ähnlich war. Auf einem horizontalen Holzbrett war ein verticales messingenes Statif befestigt, welches oben eine horizontale Messingplatte trug. Gegen letztere konnte eine zweite Messingplatte durch vier Schrauben gegengepreſst und zwischen beiden Platten ein Eisendraht in horizontaler Lage festgeklemmt werden. In einem Abstand von etwa 400^{mm} von dem Statif war ein zweites Messingstatif auf dem Brett angebracht, in welchem sich in einem horizontalen Lager ein Messingcylinder drehte, dessen Axe mit der Richtung des Eisendrahtes zusammenfiel, und der auf seinem, dem ersten Stativ zugekehrten Ende der Länge nach zur Hälfte abgefeilt war.

Auf die abgefeilte ebene Fläche wurde wiederum eine Messingplatte geschraubt, und so zwischen ersterer und letzterer das noch freie Ende des Eisendrahtes in der der Axe des Cylinders entsprechenden Lage festgeklemmt. Auf der anderen Seite trug der Messingcylinder einen Theilkreis, dessen Drehungen an einem festen Nonius abgelesen wurden. Durch eine Klemme konnte der Cylinder in verschiedenen Lagen festgehalten werden. Beide Messingstatife waren mit Klemmschrauben versehen, welche mit den Leitungsdrähten einer Säule verbunden werden konnten. Es wurde nun zwischen den beiden Statifen ein Eisendraht von etwa 2^{mm} Durchmesser und 310^{mm} Länge eingespannt und derselbe mit dem Apparat in die ostwestliche Lage gebracht. Durch den Draht wurde der Strom von 1 bis 3 Bunsenschen Elementen geleitet, und über oder unter seinem einen Ende eine auf einem Achathütchen schwebende Magnetnadel aufgestellt, so dafs der Strom für sich dieselbe nicht aus ihrer Ruhelage ablenkte. Wurde nun der Draht durch Drehung des Messingcylinders an dem einen Statif des Apparates tordirt, so neigte sich die Magnetnadel mit ihrem einen oder anderen Pol gegen das Ende des tordirten Drahtes hin.

Wird der Draht schraubenrecht tordirt, so entsteht an *der Eintrittsstelle* des hindurch geleiteten Stromes ein Süd*pol, im umgekehrten* Falle ein Nordpol.

Dieser Versuch eignet sich wegen der Augenfälligkeit der Erscheinungen und der Einfachheit des Apparates sehr gut zu einem Vorlesungsversuch; er ist in diesem Gebiet von Phänomenen vielleicht derjenige, welcher mit den verhältnifsmäfsig einfachsten Hülfsmitteln zur Anschauung gebracht werden kann.

Zur genaueren Untersuchung der wesentlichsten Bedingungen der betrachteten Erscheinung wurde der Apparat mit dem ostwestlich gerichteten Draht in etwa 0,5^{m} Entfernung vor einem, in einer Kupferhülse schwingenden, magnetischen Stahlspiegel aufgestellt und die Ablenkung des letzteren bei der Torsion des Drahtes vermittelst eines Fernrohres an einer, vom Spiegel etwa 1^{m} entfernten Scala abgelesen. Die folgenden Tabellen enthalten die der Art gefundenen Ablenkungen in Scalentheilen unter der Rubrik *A*. Die Rubrik *T* enthält die Torsionen der Drähte, die Rubrik *J* die Intensität der durch dieselben geleiteten Ströme, welche durch ein Spiegelgalvanometer bestimmt wurde.

I. Ausgeglühter Eisendraht 1,65^{mm} dick. *J* constant.

T	*A*	*T*	*A*	*T*	*A*	*T*	*A*
10	13	110	36	120	+37,8	350	40
20	24,2	100	36,5	0	—39	340	40,2
30	31	90	36	120	+39,8	330	39,8
40	33,3	80	34,5	0	—39	320	37
50	34,2	70	28,5	10	—39,8	310	32,5
60	34,5	60	9,5	20	—40	300	11
70	35	50	— 17	30	—39,5	360	38,2
80	35	40	— 29	50	— 13	4×360	36
100	35	30	— 35,5	80	+35	8×360	33
120	35	20	— 39	120	+39		
		10	— 39	360	+39		
		0	— 39,2				

Die horizontalen Striche in der Tabelle bezeichnen, dafs zwischen den über und unter ihnen stehenden Graden *T* die Torsion des Drahtes liegt, in der er ohne Einwirkung äufserer *Kräfte nach der* vorherigen stärkeren Torsion im *Gleichgewicht ist.*

II. Eisendraht 1,65mm, nach öfterem Hin- und Herdrillen.

T	$J=13{,}3$ A	$J=23{,}8$ A	$J=47{,}4$ A	$J=67{,}6$ A	$J=99{,}1$ A	$J=156{,}1$ A
+120	−16	−22	−26,2	−30,5	−35	−37,5
0	+13,5	+20	+27	+31	+33	+30,2
−120	+16	+22,2	+27,5	+31	+34,5	+35,8
0	−14	−19	−26	−30	−33	−32
+120	−16	−23	−26,2	−30,5	−35	−37

III. Eisendrähte von verschiedener Dicke d. Die Stromintensität constant.

d	$T=10$	20	30	40	70	90	0	90	0
1,65mm	9,5	14,5	17	17,8	19	17	−28	20	−20
2,2	25,5	37	40,5	41	40,5	40,5	−40	48	−40,7
2,9	21,5	45,3	53,3	—	53	52,5	−40	58	−39,7
3,5	43	60,5	60,8	60	58	57	−46	60	−47,5

Bei einem Draht aus Gufsstahl von 2,2mm Durchmesser betrug bei der Stromintensität 172 die Veränderung des magnetischen Momentes zwischen den Torsionen ± 120 nur 5 Theile der Scala.

Aus diesen und anderen Versuchen folgt:

Mit zunehmender Torsion der Drähte nähert sich allmählich die Magnetisirung einem Maximum, bei weiterer Torsion derselben nimmt der Magnetismus wiederum ab, indefs sehr langsam. Bei der Detorsion der Drähte nimmt die Magnetisirung ebenfalls ab und kehrt sich dann um, so dafs die Drähte bei vollkommener Detorsion eine der ersten entgegengesetzte Magnetisirung erhalten. Dieselbe wächst bei weiterer Torsion der Drähte in der der ersten Torsion entgegengesetzten Richtung und nimmt sodann wieder ab. Mit wachsender Intensität der durch die Drähte geleiteten Ströme wächst die durch gleiche Torsionen in ihnen erzeugte Magnetisirung; indefs nähert sie sich dabei einem Maximum. Mit wachsender Dicke der tordirten Drähte wächst bei gleicher Intensität des hindurch geleiteten Stromes die durch gleiche Torsionen erzeugte Magnetisirung.

Bei harten Stahldrähten ist unter gleichen Verhältnissen *die durch die Torsion* bewirkte Magnetisirung viel geringer *als bei weichen* Eisendrähten.

Wird der Draht tordirt, *nachdem* der hindurch geleitete Strom geöffnet worden ist, so erhält er gleichfalls durch die Torsion ein magnetisches Moment im gleichen Sinne wie bei der Torsion während des Hindurchleitens des Stromes; indefs nimmt das Moment bei wiederholten Torsionen schnell ab.

Die vorliegenden Erscheinungen möchten etwa in folgender Art unter der Annahme drehbarer Molecularmagnete ihre Erklärung finden: Leitet man durch einen, wir wollen annehmen verticalen, Eisendraht von oben nach unten einen Strom, so werden freilich die in der Axe desselben befindlichen Molecularmagnete nicht gerichtet, da der Strom von allen Seiten gleichmäfsig auf sie einwirkt; wohl aber die näher an der Oberfläche des Drahtes liegenden Molecüle; denn denkt man durch jedes Molecül eine der Axe des Drahtes parallele Ebene gelegt, welche auf dem, von dem Molecül auf die Axe des Drahtes gefällten Loth vertical steht, so theilt diese Ebene den Draht in zwei Theile. Da aber der Theil, welcher die Axe des Drahts enthält, einen gröfseren Querschnitt besitzt als der der Axe abgewandte Theil, so hat in ersterem der Strom eine gröfsere Gesammtintensität, die Molecüle werden so gerichtet, als wenn der Strom nur die Axe des Drahtes durchflösse; ihre Nordpole liegen für einen aufrecht vor dem Draht stehenden Beobachter auf der linken Seite (vergl. Fig. 5 Taf. I). Der Draht stellt so einen in sich geschlossenen Transversalmagnet dar. Wird derselbe jetzt tordirt, so tritt eine Verschiebung der Molecüle ein. Sowohl die in den einzelnen Querschnitten befindlichen vertical übereinander liegenden, als auch die nebeneinander liegenden, der Axe des Drahtes parallelen Reihen von Molecülen gleiten übereinander hin. Durch die bei diesen Gleitungen auftretenden Molecularkräfte erleiden die Molecüle eine Drehung um ihren Schwerpunkt, indem sie gewissermafsen übereinander hinrollen. Die Richtkraft des den Draht durchfliefsenden Stromes ist nicht stark genug, um diese Drehung völlig zu hindern. Die *erste Verschiebung* würde aber eine entgegengesetzte *Drehung der Molecüle* bewirken als die Ver-

schiebung der Längsreihen der Molecüle aneinander. Die Wirkung dieser letzteren überwiegt indefs, so dafs z. B. bei einer schraubenrechten Torsion des Drahtes die Südpole der Molecularmagnete sich nach oben richten, und der ganze Draht oberhalb einen Südpol erhält, wie es Fig. 6 Taf. I angiebt. Bei weiteren Torsionen scheinen sogar die Molecularmagnete über die Lage hinaus gedreht werden zu können, bei der ihre Axen der Axe des Drahtes parallel sind, so dafs dann sein Moment wiederum abnimmt. Diefs kann um so eher geschehen, als bei stärkeren Torsionen die Molecüle eine stärkere Pressung aneinander erleiden, und so bei der Verschiebung gewissermafsen sich stärker aneinander reiben und stärker drehen. Wird der Draht detordirt, so hört die Pressung mehr und mehr auf; im Verein mit der Wirkung der Verschiebung führt die Wirkung des Stromes die Molecüle wieder in ihre erste Lage zurück, bei der der Draht unmagnetisch erscheint. Diefs geschieht schon bei einer Detorsion, die der ersten Torsion noch nicht gleich ist; ganz analog wie auch nach meinen früheren Versuchen ein tordirter oder gebogener, oder magnetisirter Draht durch Kräfte detordirt, entbogen oder entmagnetisirt werden kann, welche den ursprünglich wirkenden entgegengesetzt, aber viel kleiner sind als die letzteren. Ist der den Draht durchfliefsende Strom aufgehoben, so treten die analogen Erscheinungen ein, indefs werden durch den Strom die Molecüle nicht mehr in ihre bestimmten Lagen zurückgeführt; sie nehmen daher bei wiederholten Torsionen in Folge der dabei statthabenden Erschütterungen mehr und mehr ihre, durch die Molecularkräfte allein bedingten, unmagnetischen Gleichgewichtslagen an.

2) *Leitet man einen galvanischen Strom durch einen Magnet in der Richtung seiner Axe, so tordirt er sich.*

An einem Statif war eine auf ein Glasrohr von 10^{mm} Durchmesser und 500^{mm} Länge gewundene Spirale von *Kupferdraht* von 300 Windungen in verticaler Lage befestigt. Ueber derselben war an einem, in die Wand des

Zimmers eingemauerten Arm von Holz eine, aus zwei gegen einander geschraubten, verticalen Messingplatten bestehende Klemme angebracht, in die ein verticaler Eisendraht eingeschraubt wurde, welcher in der Drahtspirale hing. Unten war an demselben vermittelst einer Messingklemme eine cylindrische Büchse von Messingblech angehängt, in welche Bleigewichte gelegt wurden. Ein verticaler, in der Mitte des Bodens derselben eingeschraubter Platindraht tauchte unterhalb in ein mit einer Klemmschraube versehenes Gefäfs voll Quecksilber. An der die Messingbüchse tragenden Klemme war ein verticaler Spiegel befestigt, in welchem das Spiegelbild einer 1500^{mm} von demselben entfernten Scala beobachtet werden konnte. Wird nun zuerst durch die Magnetisirungsspirale ein Strom geleitet und sodann ein zweiter Strom direct durch den Draht selbst, so tordirt sich der letztere. Die Gröfse und Richtung der Torsion läfst sich an der Verschiebung des Spiegelbildes der Scala bestimmen.

Befindet sich der Südpol des magnetisirten Drahtes oberhalb, und durchfliefst ihn der hindurch geleitete Strom von oben nach unten, so tordirt sich das untere freie Ende desselben (von oben gesehen) in der Richtung der Bewegung des Uhrzeigers. Bei Umkehrung der Richtung des magnetisirenden oder hindurch geleiteten Stromes ändert sich auch die Richtung der Torsion.

Bezeichnet J die an einer Tangentenboussole bestimmte Intensität des magnetisirenden, i die an einem graduirten Galvanometer gemessene Intensität des durch den Draht hindurch geleiteten Stromes, so ergab sich u. A. die Torsion T und T_0 eines 1,2^{mm} dicken ausgeglühten Eisendrahtes während und nach dem Hindurchleiten des Stromes i in Scalentheilen, deren 50 etwa einem Grade der Drillung entsprechen:

I. Intensität des magnetisirenden Stromes constant $J = 21{,}2$.

i	9,2	11,4	20,7	25,9	32,5	42,9	75,9	86,9	102,8	121,3
T	1	1,5	3,6	5,3	8	12,3	15,6	16,6	16,8	16,8
T_0	0,6	1	2,6	4	5,7	8,2	9,2	9,5	9,5	9,5

Bei ferneren Versuchen wurde auch die Intensität J des magnetisirenden Stromes geändert. Die Resultate enthält die folgende Tabelle, und zwar unter T_m die Torsion unter Einwirkung des magnetisirenden Stromes allein, unter T_{dm} die Torsion unter Einfluſs dieses Stromes und des durch den Draht hindurch geleiteten Stromes, unter T_{d_0} die beim Oeffnen des hindurch geleiteten Stromes, unter T_0 die beim Oeffnen beider Ströme im Draht zurückbleibende Torsion.

J	i	T_m	T_{dm}	T_{d_0}	T_0
20,7	33,3	0,6	9,2	4,8	6,2
45,6	»	4,5	8,2	6,7	5,4
107,2	»	3	5,8	5,7	3,5
20,7	55,4	3,4	14	8,8	8,5
45,8	»	5,9	12,5	7,3	7,1
71,3	»	4,2	10,6	6	5,3
105,7	49,9	3,9	8,5	4,8	4,5

Es wurde ferner die unten am Draht hängende Büchse mit verschiedenen Gewichten belastet, und bei gleichbleibender Intensität des magnetisirenden und hindurch geleiteten Stromes die gesammte Aenderung A der Torsion des Drahtes bestimmt, als der durch den Draht selbst geleitete Strom abwechselnd entgegengesetzt gerichtet war. Das an dem Draht hängende gesammte Gewicht der Büchse mit ihrem Inhalt sey G. Es fand sich so:

G	2895 Grm.	2295	1695	1095	645	195
A	27,1	27,5	29	28,5	29	30

Bei gleicher Magnetisirung nimmt also die Torsion des Drahtes durch den hindurch geleiteten Strom mit wachsender Intensität des letzteren bis zu einem Maximum zu.

Bei wachsender Intensität des magnetisirenden Stromes ist die durch hindurch geleitete Ströme von gleicher Intensität bewirkte Torsion des Drahtes kleiner.

Bei gleicher Intensität der beiden Ströme ist die Gröſse der Torsion des Drahtes von den ihn spannenden Gewich*ten nahezu unabhängig.*

Nach dem Oeffnen der beiden Ströme behält der Draht noch eine permanente Torsion bei.

Dieselbe Torsion zeigt sich, wenn man einen Strom durch Eisendrähte leitet, welche einige Zeit in verticaler Richtung aufgehängt und so durch den Erdmagnetismus magnetisirt worden sind, oder welche auf eine andere Art eine permanente Magnetisirung erhalten haben.

Leitet man zuerst durch die aufgehängten Eisendrähte einen Strom direct hindurch und dann erst einen magnetisirenden Strom um sie herum, so zeigen die Drähte ein von dem beschriebenen etwas abweichendes Verhalten. Es fanden sich in diesem Falle u. A. bei constanter Intensität $i(=21{,}2)$ des hindurch geleiteten Stromes, welcher stets geschlossen blieb, und bei wachsender Intensität J des magnetisirenden Stromes die Torsionen T und T_0 eines $1{,}2^{mm}$ dicken Eisendrahtes, sowohl während als nach der Wirkung des letzteren Stromes:

J	10,9	15,8	18,2	24,2	28,7	35,4	47,7	55,4	70,0	81,0	91,6	111,8
T	2,3	8,6	11,3	15,8	17,1	17,7	17,1	16,3	15,1	14,5	13,9	13,3
T_0	1,5	6,8	9	13,8	15,3	17,6	17,1	16,3	16,3	16,2	16,1	15,8

Aehnliche Resultate ergaben andere Versuchsreihen.

3) *Leitet man also durch einen in der Axe einer Magnetisirungsspirale aufgehängten Eisendraht zuerst einen Strom direct hindurch und dann erst einen schwachen Strom durch die Magnetisirungsspirale, so tordirt sich der Draht in demselben Sinne, wie wenn die beiden Ströme in umgekehrter Reihefolge geschlossen worden wären. Diese Torsion wächst bei steigender Intensität der magnetisirenden Ströme bis zu einem Maximum. Durch noch stärkere magnetisirende Ströme wird der Draht wieder detordirt.* Dabei ist die nach Oeffnen des magnetisirenden Stromes im Draht zurückbleibende Torsion Anfangs kleiner, später gröfser als die während der Wirkung des Stromes demselben ertheilte Torsion.

Die in den Sätzen 2 und 3 mitgetheilten Erscheinungen sind im Wesentlichen die umgekehrten von der im ersten Satz mitgetheilten *Erfahrung*. Eine, wenigstens annähernde *Vorstellung des Vorganges bei* denselben könnte man sich

etwa in folgender Art bilden. Durch einen magnetisirenden Strom erhalten die Molecularmagnete des Eisendrahtes mehr oder weniger eine axiale Lage, in welcher sie ihre einen Pole (z. B. die Südpole) dem einen (oberen) Ende des Drahtes zukehren. Wird nun ein Strom durch den Draht geleitet, (z. B. von oben nach unten), so neigen sich die Molecularmagnete mit ihrem einen Pol, z. B. dem Südpol, von der Axe des Drahtes aus gesehen, nach der einen Seite, z. B. nach links, wie in Fig. 7 Taf. I. Die hierdurch einander genäherten ungleichnamigen Pole s und n_1 der nebeneinander liegenden Molecularmagnete ziehen sich an und richten sich dadurch einmal noch stärker als vorher in die gegen die Axe des Drahtes verticale Stellung, indem sie sich um ihren Schwerpunkt drehen; sodann verschieben sie sich aber in Folge dieser Anziehung auch selbst mit ihren Schwerpunkten aneinander, so dafs sich hiebei die Pole s und n_1 einander noch weiter nähern. Der Draht erhält hierdurch eine Torsion wie in Fig. 6 Taf. I. Das Maximum der Torsion wird erreicht seyn, wenn die Axen der Molecularmagnete sich in Ebenen lagern, die auf der Axe des Drahtes vertical sind.

Wird umgekehrt zuerst ein Strom durch den Draht geleitet, so nehmen die Molecularmagnete Anfangs durch denselben die transversale Lage wie in Fig. 5 Taf. I an. Wird dann ein Strom um den Draht geleitet, so dafs er oberhalb durch denselben südpolar wird, so stellen sich die Molecularmagnete mit ihren Axen wie in Fig. 7 Taf. I und der Draht tordirt sich ganz in gleicher Weise wie bei der umgekehrten Aufeinanderfolge der Ströme. Wird aber die Intensität des magnetisirenden Stromes bedeutend stärker, so dafs sich die Axen der Molecularmagnete durch seinen Zug mehr der Axe des Drahtes parallel stellen, so entfernen sich, bei der hiebei stattfindenden Drehung derselben, die Pole s und n_1 der benachbarten Molecularmagnete mehr und mehr von einander, die Anziehung derselben wird geringer und mit ihr die Kraft, welche die Molecularmagnete aneinander verschiebt und den Draht tordirt. Der Draht

detordirt sich also dann wiederum. Auch hier haben wir, wie bei dem zuerst mitgetheilten Versuch, annehmen müssen, dafs die Verschiebung der Längsreihen der Molecüle des Drahtes aneinander leichter erfolgt als die Verschiebung der untereinander liegenden Querschnitte desselben, so dafs wir im Wesentlichen nur die Wechselwirkung der *neben*einander liegenden Molecularmagnete zu berücksichtigen hatten.

Je schwerer die Molecularmagnete, sey es durch Einwirkung galvanischer Ströme, sey es bei mechanischen Gestaltsveränderungen der Körper, um ihren Schwerpunkt sich drehen, desto schwächer müssen die bisher betrachteten Erscheinungen im Allgemeinen auftreten. Sie zeigen sich daher bei Stahldrähten weniger deutlich als bei weichen Eisendrähten.

Finden in der That beim Hindurchleiten eines Stromes durch die Axe eines magnetisirten Drahtes die im Vorigen betrachteten Drehungen der Molecularmagnete statt, so mufs sich durch die Einwirkung jenes Stromes auch das Moment des Drahtes vermindern. So hat man schon früher beobachtet, dafs ein durch die Axe eines Magnetes geleiteter Schlag einer Leydner Flasche seinen Magnetismus schwäche; man war aber auf die Ursache dieser Erscheinung nicht näher eingegangen und hatte sie auch wohl einer Erschütterung des Magnets zugeschrieben.

Einige Versuche über diesen Punkt wurden einfach in der Art angestellt, dafs ein Eisendraht von etwa 58 Ctm. Länge in ostwestlicher Lage in die Axe einer horizontalen Magnetisirungsspirale eingelegt wurde, welche in einiger Entfernung vor einem Spiegelgalvanometer aufgestellt war. Die Ablenkungen des Spiegels des letzteren wurden mittelst Scala und Fernrohr beobachtet, sowohl während der magnetisirende Strom allein dem Draht temporären Magnetismus (M) ertheilte, als auch während ein Strom den Draht in der einen ($+B$) oder anderen Richtung ($-B$) durchfloss. *So fand sich z. B. an einem* 500^{mm} *langen,* 1,8^{mm} *dicken Eisendraht:*

M	$+B$	M	$+B$	M	$+B$	M	$+B$	M
254	247	261	247	261	246,5	261	246,5	261;

ebenso bei einer anderen Versuchsreihe:

M	$+B$	M	$-B$	M	$+B$	M	$-B$	M
270	265	277,5	264,5	278,5	264,5	279,5	265	278,5.

Wurde der magnetisirende Strom geöffnet, ehe durch den Draht Ströme in der einen oder anderen Richtung geleitet wurden, so änderte sich gleichfalls sein permanentes Moment m durch die Einwirkung dieser Ströme je nach ihrer Richtung in die Werthe $\pm b$ um, wie z. B. in folgender Versuchsreihe:

m	$+b$	m	$+b$	m	$+b$	m	$+b$	m	$+b$
146	56	63	51,8	58,8	50	56,5	48,8	56	48

m	$+b$	m	$+b$	m	$-b$	m	$+b$	m	$-b$
54,8	47,5	54	47	53,2	30	34	29,2	32,2	19,8

m	$+b$	m	$-b$	m	$+b$	m	m	$-b$	m
22	22,6	24,4	14,8	16,5	19	20,4	2	3,5	4,5

$+b$	m
4,5	5,3

Aus diesen Versuchen folgt:

Leitet man durch einen temporär magnetisirten Eisendraht einen Strom direct hindurch, *während der magnetisirende Strom geschlossen bleibt,* so vermindert sich sein temporärer Magnetismus.

Nach dem Oeffnen des hindurch geleiteten Stromes tritt der temporäre Magnetismus stärker auf als vorher.

Vermuthlich ist diese Zunahme dadurch bedingt, dafs die Molecularmagnete durch die Hin- und Herdrehung um ihren Schwerpunkt in Folge der Wirkung beider Ströme leichter beweglich werden und so stärker dem Zuge der magnetisirenden Kraft folgen können als vorher.

Bei wiederholtem Schliefsen des hindurch geleiteten Stromes, gleichviel in welcher Richtung er den Draht durchfliefst, vermindert sich dann stets der temporäre Magnetismus und tritt nach dem Oeffnen in gleicher Stärke wie *vorher auf, indem* die der Axe des Drahtes mehr oder *weniger parallel* gerichteten Axen der Molecularmagnete sich

durch die Wirkung des hindurch geleiteten Stromes mehr transversal stellen und nach dem Oeffnen desselben ihre frühere Lage wieder einnehmen.

Leitet man ebenso durch einen Eisendraht einen Strom, *nachdem der magnetisirende Strom geöffnet* worden ist, so vermindert sich gleichfalls sein permanenter Magnetismus. Beim Oeffnen des hindurch geleiteten Stromes wächst derselbe wieder ein wenig, aber nicht bis zur früheren Stärke. Wiederholtes Schliefsen des hindurch geleiteten Stromes vermindert den permanenten Magnetismus des Drahtes nur noch wenig. Wird aber ein Strom von entgegengesetzter Richtung durch den Draht geleitet, so vermindert sich sein Magnetismus wieder sehr stark.

Die Wirkung des durch den Draht hindurch geleiteten Stromes ist hier eine ganz ähnliche und in ganz analoger Weise zu erklären, wie z. B. die Wirkung der Torsion auf einen permanent magnetisirten Draht. In beiden Fällen treten Drehungen der Molecularmagnete ein; im ersten durch magnetische, im letzten durch mechanische Kräfte, welche dieselben aus ihren magnetischen Lagen entfernen, in die sie nach Aufhebung jener Kräfte mehr oder weniger zurückkehren. In beiden Fällen werden diese Drehungen bei wiederholter Einwirkung derselben Kräfte nur innerhalb gewisser Gränzen stattfinden, und daher die durch dieselben bewirkte Beweglichkeit der Molecüle, durch welche die Molecularmagnete nach Aufhebung jener Kräfte in Folge der auf sie wirkenden Molecularkräfte leichter in ihre unmagnetischen Gleichgewichtslagen zurückkehren, nur eine begränzte seyn. Wirken aber jene Kräfte in entgegengesetzter Richtung, so dafs die Molecularmagnete anderweitige Drehungen vollführen, wie vorher, so wird ihre Beweglichkeit gesteigert; sie nehmen nach dem Aufhören der Wirkung jener Kräfte noch mehr ihre unmagnetischen Gleichgewichtslagen an.

Hat man einem Draht, durch wiederholte Umkehrung der Richtung *des hindurch* geleiteten Stromes, einen grofsen *Theil seines permanenten* Magnetismus entzogen und leitet

den Strom durch denselben in der einen oder anderen Richtung, so zeigt er in dem einen Falle eine viel stärkere Magnetisirung als im anderen.

Sind nämlich die Molecularmagnete des Drahtes mit ihren Axen durch den durch den Draht geleiteten Strom stark nach der einen Seite in die gegen die Axe des Drahtes transversale Lage geneigt, und wirkt dann der Strom in entgegengesetzter Richtung, so sucht derselbe die Axen der Molecularmagnete nach der entgegengesetzten Seite umzulegen, sie folgen indefs nicht völlig, so dafs sie eine steilere Stellung zur Axe des Drahtes behalten wie vorher, und der Draht ein gröfseres magnetisches Moment zeigt. Die Wirkung des Stromes in der ersten Richtung giebt ihnen dann die frühere Neigung nach der ersten Seite und dem Stab sein früheres Moment wieder. Diefs geschieht indefs nicht vollständig, abgesehen davon, dafs bei den wiederholten Hin- und Herdrehungen die Molecüle immer beweglicher werden und mehr und mehr in die unmagnetischen Lagen zurückkehren. Die Stellung der Molecularmagnete nach dem Oeffnen der durch den Draht hindurch geleiteten Ströme ist immer eine solche, dafs sie sich in ihr mehr oder weniger wiederum ihrer Stellung vor Einwirkung des zuletzt thätigen Stromes nähern. Indem dieselben dabei stets ihre Axen nach der anderen Seite der Axe des Stabes hinzuwenden streben, wie vorher, richten sie sich mehr gegen letztere auf, das Moment des Stabes steigert sich jedesmal.

Die grofse Analogie, welche diese Erscheinungen mit dem früher von mir beschriebenen (diese Annalen Bd. CVI S. 168, 1859) Verhalten magnetisirter Stäbe zeigen, die abwechselnd entgegengesetzt gerichteten Torsionen unterworfen werden, ist nicht zu verkennen. Ebenso entsprechen die Aenderungen der magnetischen Momente völlig den Aenderungen der Gestalt, welche gebogene oder tordirte Körper unter Einfluſs abwechselnd gerichteter tordirender oder *biegender Kräfte* erfahren (s. l. c. und Bd. CVII S. 439 *1859*).

Die Richtigkeit der Annahme drehbarer Molecularmagnete möchte nach diesen und den früheren Versuchen kaum noch zu bezweifeln seyn. Wird dieselbe aber zugegeben, so bietet die Beobachtung der Wechselbeziehungen zwischen den Gestaltsveränderungen der magnetischen Körper und ihren Momenten, mögen die Molecularmagnete in ihnen nun durch herumgeleitete oder hindurch geleitete Ströme in dem einen oder anderen Sinne gerichtet worden seyn, uns die Möglichkeit, einen tieferen Einblick in die Molecularbewegungen zu gewinnen, welche die Gestaltsveränderungen der Körper begleiten. Die Aenderung der magnetischen Momente giebt uns einen, wenn auch indirecten Ausdruck der *Drehungen um die Schwerpunkte*, welche bei denselben die Molecüle neben den Aenderungen ihrer Abstände durch Gleitung und Dehnung erfahren. Wenn diese Drehungen auch vorläufig nur im Allgemeinen festgestellt werden können, so möchten die vorliegenden Versuche doch wenigstens einige erste Anhaltspunkte geben, die vielleicht zu einer weiteren Begründung dieser Verhältnisse führen könnten, deren Studium namentlich auch für die genauere Erforschung der Gesetze der nach Aufhebung der wirkenden Kräfte in den Körpern zurückbleibenden permanenten mechanischen Gestaltsveränderungen oder permanenten magnetischen Momente wichtig erscheint.

Basel 20. Juli 1862.

II. *Ueber die von Hrn. Dub aufgestellten Gesetze der Elektromagnete; von G. Wiedemann.*

Hr. Dub hat seit einer Reihe von nunmehr vierzehn Jahren eine Anzahl von Untersuchungen über den Elektromagnetismus von Eisenstäben veröffentlicht, welche zu scheinbar allgemeineren Gesetzen geführt haben, die meist eine sehr einfache Abhängigkeit der magnetischen Momente der Stäbe als Ganzes und ihrer Theile von der Quadratwurzel ihrer Dimensionen begründen sollten. Es war die Frage, ob diese Untersuchungen so angestellt worden sind, dafs überhaupt aus denselben *allgemeinere rationelle* Gesetze abgeleitet werden können, oder ob die Sätze des Hrn. Dub nur als rein *empirische*, innerhalb seiner Beobachtungsgränzen gültige Ausdrücke der experimentellen Resultate zu betrachten sind. Bei aller Anerkennung der unermüdlichen Ausdauer und Sorgfalt, mit der Hr. Dub seine Versuche ausgeführt hat, habe ich in meinem Werk über Galvanismus und Elektromagnetismus (Braunschweig 1861 Bd. II) [1]) zu meinem grofsen Bedauern nach wiederholter Prüfung der Thatsachen, ganz unabhängig von vorher festgestellten theoretischen Gesichtspunkten mich doch für letztere Ansicht entscheiden müssen, in der ich, so viel mir bekannt, unter den Physikern durchaus nicht allein stehe. Ich habe geglaubt, dieſs um so mehr hervorheben zu sollen, als man bei einer weniger genauen Betrachtung den Dub'schen Sätzen gerade wegen ihrer grofsen Einfachheit leicht eine zu allgemeine Bedeutung beilegen möchte.

Hr. Dub hat sich (diese Ann. Bd. CXV, S. 193) mit meinen Ausführungen nicht einverstanden erklärt. Indefs scheint er theils meinen Standpunkt in der betreffenden Frage nicht richtig aufgefafst, theils meine Einwände nicht widerlegt zu haben. Da nun der Gegenstand in meinem

1) *Die dem Text in* Klammern beigefügten Zahlen bezeichnen die Paragraphen *des zweiten* Bandes meines Werkes.

Werk nur kurz und an verschiedenen, von einander getrennten Stellen berührt werden konnte, so möchte es hiernach auch im allgemeineren Interesse nicht unzweckmäfsig seyn, denselben jetzt im Zusammenhang etwas ausführlicher und genauer zu behandeln, und zugleich die richtige Bedeutung und die gegenseitigen Beziehungen der von Hrn. Dub beobachteten Gröfsen, welche er selbst nicht immer angiebt, näher zu erörtern.

Will man auf experimentellem Wege allgemeinere quantitative Gesetze finden, so ist der natürliche Weg der, die Bedingungen bei den Versuchen möglichst einfach herzustellen. Dieſs geschieht z. B., wenn man bei der Elektromagnetisirung von Eisenstäben die magnetisirende Kraft auf alle Theile derselben gleich stark wirken läfst. Unter dieser Voraussetzung sind von Green und Anderen aus dem Grundgesetz der magnetischen Anziehung eine Anzahl von Formeln entwickelt worden [1]). Bei den Versuchen von Lenz und Jacobi, so wie bei denen des Hrn. Dub ist jene Bedingung im Allgemeinen nicht vollständig erfüllt, so dafs die Resultate derselben nicht völlig mit diesen Formeln übereinstimmen. Dieſs erkennt übrigens Hr. Dub jetzt selbst an, obgleich er früher seine Sätze [2]) auch auf die Vertheilung des freien Magnetismus auf der Länge eines zur Sättigung magnetisirten Stahlstabes übertragen hat, welche durch die Green'sche Formel darzustellen ist. Würden nun wenigstens bei jeder Versuchsreihe mit Stäben von verschiedener Länge und von verschiedener Dicke die magnetisirenden Kräfte auf *ähnlich* liegende Punkte in gleicher Intensität gewirkt haben, so hätten sich die Beobachtungsresultate in jedem einzelnen Fall wohl auch noch durch

1) Nach der Darstellung des Hrn. Dub (vergl. z. B. l. c. S. 222, 233, 239, 241) kann es den Anschein haben, als ob ich ohne weiteres seine Versuche sowie die von Lenz und Jacobi u. A. mit obigen Formeln in Beziehung bringen wollte. Ich habe aber im *Gegentheil* mehrfach (z. B. §. 253, 293, 307 u. a. a. O.) *ausdrücklich* darauf aufmerksam gemacht, dafs erstere unter complicirteren Bedingungen angestellt worden *sind, als diejenigen sind,* welche jenen Formeln zu Grunde liegen.

2) *Elektromagnetismus S.* 276.

eine allgemeinere, wenn auch weniger einfache Formel darstellen lassen. Es ist indefs auch diese Bedingung bei jenen Versuchen meist nicht erfüllt, so dafs die Verhältnisse der einzelnen Beobachtungen ohne weiteres nicht untereinander vergleichbar sind, und eine dieselben umfassende, nur die Dimensionen der Stäbe enthaltende Formel nur eben als ein rein empirischer Ausdruck anzusehen ist. Ich will diefs bei der Betrachtung der einzelnen Sätze des Hrn. Dub näher zu begründen versuchen.

1) Nach Hrn. Dub ist *der in den einzelnen Theilen* eines, seiner ganzen Länge nach mit einer Magnetisirungsspirale bedeckten Eisenstabes *erregte* Magnetismus (oder ihr demselben proportionales magnetisches Moment (vgl. ad 2) der Quadratwurzel ihres Abstandes von dem nächsten Ende des Stabes proportional. Abgesehen davon, dafs hiernach die Formel nur jedesmal die magnetischen Momente auf jeder einzelnen Hälfte des Stabes, und nicht in seiner ganzen Länge darstellt, — eine Anforderung, die man an ein rationelles Gesetz zu stellen vollkommen berechtigt wäre, — würde auch das magnetische Moment der Theilchen in der Mitte des Stabes sich nicht mehr continuirlich, sondern plötzlich ändern, was zum mindesten unwahrscheinlich ist. Endlich müfste das Moment der Theilchen an den Enden des Stabes Null seyn. Es ist indefs durchaus nicht abzusehen, wie diefs irgend wie möglich ist, denn auch jene Theile werden sowohl durch die magnetisirende Kraft der Spirale, wie auch durch die benachbarten magnetischen Theile des Stabes in die magnetische Lage gerichtet, wenn auch etwas schwächer als die übrigen Theile desselben, da nur von einer Seite die magnetischen Einflüsse auf sie wirken. — Diese Punkte, auf welche Hr. Dub nicht näher eingeht, scheinen mir bei der Beurtheilung seines Satzes doch sehr beachtenswerth zu seyn.

Experimentelle Bestimmungen des magnetischen Momentes m der einzelnen Theile der Stäbe sind von van Rees und *Lenz und Jacobi* in zwei verschiedenen Arten ausgeführt worden. Ersterer schiebt eine kurze Inductionsspirale von

den einzelnen Stellen magnetisirter Stahlstäbe ab, und entfernt sie so weit von denselben, dafs die durch weitere Entfernung erzeugten Inductionsströme vernachlässigt werden können (§. 316). — Letztere schieben eine kurze Inductionsspirale auf die einzelnen Stellen eines Eisenstabes, der seiner Länge nach mit einer Magnetisirungsspirale bedeckt ist, und heben durch Oeffnen des magnetisirenden Stromes den Magnetismus des Stabes auf (§. 300). Beide Methoden kommen völlig auf dasselbe heraus. Der entstehende Inductionsstrom entspricht in beiden Fällen dem Verschwinden des magnetischen Momentes der unter und nahe bei der Inductionsspirale befindlichen Theile des Stabes, oder genauer, der Differenz der Potentiale der Magnetismen des Stabes auf die Inductionsspirale am Anfang und am Ende des Versuches. Entgegen den Ausführungen des Hrn. Dub (l. c. S. 227 u. 232) ist es hierbei *ganz gleichgültig*, dafs bei den Versuchen von van Rees die Spirale zuerst über einen Theil des Magnetstabes und dann erst zu einem Orte von verschwindender magnetischer Inductionswirkung hingeführt wird [1]). Wenn daher Hr. Dub meint, dafs es Wunder nehmen könnte, dafs bei den Versuchen von van Rees und Lenz und Jacobi dieselbe Formel für die Vertheilung der magnetischen Momente gelten würde, so ist zunächst in Bezug auf die verschiedenen Versuchsmethoden hiezu kein Grund vorhanden.

Die magnetischen Momente der Theile eines zur Sättigung magnetisirten Stahlstabes werden nun durch die Formel $m = a - b(\mu^x + \mu^{-x})$ bestimmt, wo a, b, μ Constante sind, x den Abstand der Theile von der Mitte des Stabes bezeichnet. Diese Formel hat van Rees ganz selbstständig durch einfache Integration aus der den freien Magnetismus f an den einzelnen Stellen des Stabes bezeichnenden Formel von Biot: $f = const\,(\mu^x - \mu^{-x})$ abgeleitet (s. ad 2). Die Beobachtungen von van Rees stimmen mit derselben so gut überein, als es die Umstände der Versuche erwarten lassen. Dieselbe Formel würde nach den wichtigen, leider erst einige

1) *Vergl. Neumann, Abhandl.* der Berl. Akad. 1845 u. 1847.

Jahre nach den Arbeiten von van Rees allgemeiner bekannt gewordenen Untersuchungen von Green [dessen Formel daher van Rees wohl nicht kannte, so dafs er sie nicht eigentlich, wie Hr. Dub (l. c. S. 231) meint, an's Licht gezogen hat] vor dem Eintreten des magnetischen Maximums, unter Annahme der Proportionalität des magnetischen Momentes der Theile mit der magnetisirenden Kraft, auch für den temporären (Elektro-) Magnetismus eines dünnen Eisenstabes gelten, wenn alle Theile desselben gleichen magnetisirenden Kräften ausgesetzt sind. Entwickelt man in derselben die Exponentialgröfsen in Reihen und ändert die Constanten, so erhält man als erste Annäherung $m = A - Bx^2$. Diefs ist die von Lenz und Jacobi benutzte empirische Formel, welche somit eine theoretische Begründung erhält. — Die der Green'schen Formel zu Grunde liegende Bedingung ist bei den Versuchen dieser Physiker in der That nicht ganz erfüllt, da zwar in einem längeren Stück in der Mitte der Stäbe die magnetische Scheidungskraft sich so wenig ändert, dafs wir die Aenderung vernachlässigen können, an ihren Enden aber eine schnelle Abnahme derselben eintritt. Je länger die Stäbe sind, desto länger ist im Verhältnifs zu ihrer Länge das erstere Stück, desto mehr nähert sich das Verhältnifs den bei der Green'schen Formel gemachten Voraussetzungen. Es erscheint also ganz sachgemäfs, unter Berücksichtigung der Abnahme der Scheidungskraft an den Enden der Stäbe die Versuche zur Bestätigung der theoretischen Formel zu verwenden. Auch stimmen die nach letzterer von van Rees berechneten Werthe mit Ausnahme der Enden der Stäbe, wo auch noch die Induction nur einseitig auf die Inductionsspirale wirkt, mit den beobachteten Werthen recht gut überein. Die Formel des Hrn. Dub soll nun gerade für den Fall, wo ein Stab seiner ganzen Länge nach mit der Magnetisirungsspirale bedeckt ist, also eine Abnahme der Scheidungskraft an seinen Enden stattfindet, ein vollständiger Ausdruck der magnetischen Ver*theilung seyn.* Bezeichnet dann m das Moment der Theil*chen des Stabes,* $2l$ seine Länge, x den Abstand der Theil-

chen von der Mitte, so müfste $\frac{m}{\sqrt{l-x}}$ in der ganzen Länge des Stabes constant seyn. Setzt man für m eine Gröfse, welche proportional ist der Intensität i der Inductionsströme in der, an der betreffenden Stelle befindlichen kurzen Inductionsspirale bei den Versuchen von Lenz und Jacobi, so nehmen indefs die Quotienten von der Mitte des Stabes an bedeutend gegen sein Ende hin zu, (bei Stäben von 12, 24, 42, 48 Zoll Länge im Verhältnifs von 20,7 : 25,5, 42,4 : 49, 67 : 77,5, 77,5 : 87,9) um bei weiterem Vorrücken gegen das Ende wiederum abzunehmen, indefs schon bei einem so grofsen Abstande von demselben, dafs das Aufhören des Magnetes daselbst kaum die Abnahme der Inductionswirkung bedingen kann. Diese Abweichung sucht Hr. Dub daraus zu erklären, dafs die Intensität der Inductionsströme aufser in der Mitte des Stabes immer *gröfser* ist, als dem Moment m des Elementes in der Mitte der Inductionsspirale entspricht. Meine Einwände dagegen habe ich in meinem Werke (§. 300) nur kurz andeuten können. Die dagegen aufgestellten Ausführungen des Hrn. Dub (l. c. S. 228) erledigen die Sache durchaus nicht, und so mag sie hier in der Kürze betrachtet werden. Der Einfachheit wegen wollen wir die Formel von Lenz zu Grunde legen, welche sich jedenfalls sehr annähernd den Versuchsresultaten anschliefst. Die Formel von Hrn. Dub ist hier nicht zu verwenden, da sie nur für jede einzelne Hälfte der Stäbe gilt. Auf einen linearen Stab werde im Abstande c von seiner Mitte zunächst eine einzige Drahtwindung vom Radius r aufgeschoben. Die Länge der Molecularmagnete des Stabes sey Δy. Einer derselben, dessen Mitte im Abstand y von dem unter der Drahtwindung liegenden Punkt P des Stabes sich befindet, habe an seinen Enden den freien Magnetismus n, also das Moment $m = n\Delta y$. Dann ist die elektromotorische Kraft des beim Verschwinden seines Magnetismus in der Windung inducirten Stromes:

$$E = kn\left(\frac{y+\frac{1}{2}\Delta y}{\sqrt{r^2+(y+\frac{1}{2}\Delta y)^2}} - \frac{y-\frac{1}{2}\Delta y}{\sqrt{r^2+(y-\frac{1}{2}\Delta y)^2}}\right)$$
$$= kn\Delta y \frac{r^2}{\sqrt{r^2+y^2}^3}\ ^1),$$

wo k eine Constante ist und wir die, die höheren Potenzen der sehr kleinen Gröfse Δy, enthaltenden Glieder vernachlässigt haben. Nach der Lenz'schen Formel ist:

$$m = n\Delta y = a - b(c+y)^2$$

und ebenso das Moment m_1 eines um $-y$ vom Punkt P entfernten Molecularmagnetes:

$$m_1 = n_1\Delta y = a - b(c-y)^2.$$

Führen wir beide Werthe in obige Formel ein und addiren, so erhalten wir die durch m und m_1 zugleich in der Drahtwindung inducirte elektromotorische Kraft:

$$E_1 = 2k(a - bc^2 - by^2)\frac{r^2}{\sqrt{r^2+y^2}^3}.$$

Wollen wir die inducirende Wirkung E_1 aller vor, hinter und in der Drahtwindung liegenden Molecularmagnete bestimmen, so haben wir in diesen Ausdruck nach einander resp. für y Δy, $2\Delta y \ldots s\Delta y$ bis zu so grofsen Werthen von $s\Delta y$ zu setzen, dafs die Inductionswirkung der ferner liegenden Molecularmagnete zu vernachlässigen ist, die Ausdrücke zu summiren und dazu die Inductionswirkung

$$k(a - bc^2)\frac{1}{r}$$

des im Punkt P liegenden Molecularmagnetes zu addiren. Wir erhalten:

$$E_1 = k(a - bc^2)\left[\left(\frac{1}{r} + 2r^2\sum\frac{1}{\sqrt{r^2+y^2}^3}\right)\right.$$
$$\left. - \frac{2r^2b}{a-bc^2}\sum\frac{y^2}{\sqrt{r^2+y^2}^3}\right].$$

Das erste Glied in der Klammer ist in Bezug auf c constant; je weiter aber die Drahtwindung von der Mitte gegen das Ende des Stabes geschoben wird, desto gröfser wird c; desto gröfser das letze Glied, desto mehr ist also der Inductionsstrom im Verhältnifs zu der elektromotori-

1) *Vgl. Neumann*, Abhandl. d. Berl. Akad. 1845 S. 80.

schen Kraft vermindert, welche er haben müfste, wenn er dem Moment $a - bc^3$ des in der Mitte der Drahtwindung liegenden Molecularmagnetes proportional wäre. Die Quotienten aus den beobachteten Werthen durch die, als richtig angenommenen, nach der Formel von Lenz und Jacobi berechneten Werthe der Momente $a - bc^2$ müssen also von der Mitte an gegen die Enden der Stäbe *kleiner* und *nicht gröfser* werden. Ist statt einer Windung eine kurze Drahtspirale auf den Eisenkern geschoben, so gilt für jede ihrer Windungen dieselbe Betrachtung. Da nun der mittlere Werth der Momente der unter den Windungen liegenden Molecularmagnete beim Fortschreiten gegen das Ende des Stabes auch noch im Verhältnifs zum Moment des in der Mitte der Inductionsspirale liegenden Molecularmagnetes immer mehr abnimmt, so werden die Quotienten der beobachteten Intensitäten der Inductionsströme durch das letztere gegen das Ende des Stabes hin noch schneller sinken. Ist indefs der Radius r und die Länge der Inductionsspirale klein, so wird diese Abnahme der Quotienten nur gering seyn. Wir haben hiebei die Inductionsspirale als weit entfernt von den Enden des Stabes angenommen. In der Nähe derselben tritt wegen der nur einseitigen Wirkung der Induction eine weitere Verminderung der inducirten elektromotorischen Kraft ein. Sollte also der Satz des Hrn. Dub richtig seyn, so dürften demgemäfs die Quotienten $\frac{m}{\sqrt{l-x}}$ nicht zunehmen, sondern dürften sich höchstens gleich von der Mitte des Stabes an allmählig verkleinern.

Aus diesen verschiedenen Gründen kann die Formel des Hrn. Dub nicht als ein rationeller, sondern nur als ein annähernder, empirischer Ausdruck der magnetischen Vertheilung gelten.

2) In einem seiner ganzen Länge nach mit der Magnetisirungsspirale bedeckten Eisenkern und auch in einem Stahlmagnet ist *nach Hrn. Dub* die Summe des freien und

des (mit einem constanten Werth multiplicirten) *erregten* Magnetismus an jeder Stelle constant, oder es ist der freie Magnetismus, da derselbe in der Mitte des Stabes gleich Null ist, der Differenz des in der Mitte und an der betreffenden Stelle des Stabes erregten Magnetismus gleich.

Zur Beurtheilung dieses Satzes denken wir uns die einzelnen magnetischen Molecüle des Stabes so verlängert, dafs alle mit ihren Enden an einander stofsen und alle die gleiche Länge Δx haben. Zugleich seyen die an ihren Enden vorhandenen freien Magnetismen in demselben Verhältnifs auf die Werthe $\pm n$ vermindert, so dafs das Moment $m = n\Delta x$ der Molecüle und ihre Wirkung nach aufsen unverändert bleibt. Wir können dann die den Momenten m proportionalen Magnetismen $\pm n$ mit Hrn. Dub mit dem Namen der in den Molecülen *erregten* Magnetismen bezeichnen. Es sey das Moment eines Molecüls, dessen Mittelpunkt um x von der Mitte des Stabes entfernt ist, gleich m, so ist m eine Function von x. Das folgende Molecül, dessen Mitte den Abstand $x + \Delta x$ von der Mitte des Stabes hat, besitzt dann, da Δx sehr klein ist, nach dem Taylor'schen Satz das Moment $m + \frac{dm}{dx}\Delta x$. Die (erregten) Magnetismen an den Enden der beiden Molecüle erhält man durch Division ihrer Momente durch ihre Länge Δx. Die Differenz derselben giebt den *freien*, nach aufsen wirkenden Magnetismus f des Stabes an der Berührungsstelle der Molecüle. Derselbe ist also:

$$f = \left(m + \frac{dm}{dx}\Delta x - m\right)\frac{1}{\Delta x} = \frac{dm}{dx}.$$

Es ist also, wie schon Poisson und auch van Rees angegeben, der freie Magnetismus dem Differentialquotienten des Momentes der Theile nach ihrem Abstand von der Mitte des Stabes gleich. Soll nun der Satz des Hrn. Dub richtig seyn, so mufs:

$$n + bf = g$$

seyn, wo b und g Constante sind, oder, da $n = \frac{m}{\Delta x}$, wenn wir die Constanten $b\Delta x = a$, $g\Delta x = c$ setzen:

$m + af = c$ oder $m + a\frac{dm}{dx} = c$ d. h. $m = ke^{-\frac{x}{a}} + c$,

wo k eine neue Constante ist. Die Momente m, oder die ihnen proportionalen erregten Magnetismen würden also dem Gesetz einer logarithmischen Curve und durchaus nicht dem Gesetz einer Parabel entsprechen, wie es der Satz 1) des Hrn. Dub verlangt (§. 347). Da nun obige Rechnung unabhängig von einer besonderen Hypothese angestellt worden ist, so mufs der eine der Sätze 1) und 2) des Hrn. Dub, oder es müssen beide unrichtig seyn. Diesen Widerspruch hat Hr. Dub in seinem letzten Aufsatz nicht besprochen, obgleich derselbe bei der Beurtheilung seiner Resultate sehr erheblich erscheint.

Hr. Dub hat den Satz 2) sowohl für den freien Magnetismus der Theile von Stahlmagneten wie von Eisenkernen angewendet, welche ihrer ganzen Länge nach mit der Magnetisirungsspirale bedeckt sind. Dafs in beiden Fällen die Bedingungen eigentlich nicht ganz dieselben sind, haben wir schon oben erwähnt. — Die Versuche von Coulomb über den freien Magnetismus der Stahlstäbe, bei denen er vor den verschiedenen Stellen der senkrecht aufgestellten Stäbe eine Magnetnadel schwingen liefs, sind freilich nicht ganz genau, da auch die über und unter der Nadel befindlichen Stellen des Stabes auf sie wirken. Doch geben sie, ähnlich wie die Versuche von Lenz und Jacobi und van Rees über die Momente der Theilchen, wenigstens annähernde Werthe. Die Versuche des Hrn. Dub, bei denen er die Anziehung eines Eisenstäbchens auf der mit Papier bedeckten Längsfläche eines permanenten Stahlmagnetes oder elektromagnetisirten Eisenstabes bestimmte, können indefs auch nur annähernde Resultate geben, da das Eisenstäbchen durch die Wirkung der freien Magnetismen des Stabes eine zur Axe des letzteren senkrechte magnetische Axe erhält und so gerade in der Richtung anziehend und abstofsend auf die Molecularmagnete des Stabes wirkt, in der diese Anziehung sie am leichtesten aus ihrer Lage heraus dreht. Die *Aenderung der Lagerung* der Molecüle wird in

diesem Falle viel bedeutender seyn, als wenn z. B. ein Anker an die Polflächen eines Magnetes gelegt wird, wo die magnetischen Axen der Theile des Ankers nahezu gleiche Richtung mit denen der Molecüle des Magnetes haben, also das von ersteren auf letztere ausgeübte Drehungsmoment viel kleiner ist.

Mit wachsendem freien Magnetismus nimmt das Moment des auf die Seitenfläche des Magnetstabes aufgesetzten Eisenstäbchens zu und verhältnifsmäfsig die Ablenkung der Molecularmagnete und die Anziehung des Stäbchens, welche eigentlich dem Quadrat des freien Magnetismus proportional sein sollte. Diese Zunahme ist aber diesem Quadrat nicht proportional, wie Hr. Dub meint (l. c. S. 240), sondern sie ist bedeutender. Es erhellt dieſs leicht aus einem analogen Beispiel. An Stelle eines Molecularmagnetes des Stabes setzen wir eine Declinationsnadel, welche, wie jener durch die benachbarten Molecüle, so durch die Erde gerichtet wird. Die Nadel erhalte nach einander die Magnetismen m und nm. Wird derselben von der Seite ein Eisenstab genähert, so erhält er durch Vertheilung die Magnetismen $a.m$ und $a.nm$, wo a eine Constante ist. Bliebe die Nadel in Ruhe, so wären die Anziehungen den Werthen m^2 und m^2n^2 proportional. Die Nadel wird aber durch den Eisenstab abgelenkt und zwar um so stärker, je gröfser der Magnetismus nm derselben ist. Die Anziehung nimmt also schneller als das Quadrat des Magnetismus der Nadel zu. In einem elektromagnetisirten Eisenstab nimmt nun der freie Magnetismus, also auch der zuerst in dem Eisenstäbchen vertheilte Magnetismus, gegen die Enden hin zu, dagegen das Moment der Molecularmagnete ab, so dafs sich ein complicirteres Verhältnifs herausstellt. Es darf aber nicht ohne Weiteres die Anziehung dem Quadrat der freien Magnetismen proportional gesetzt werden. Die Versuche haben somit doch nicht völlige Beweiskraft für den Satz 2) des Hrn. Dub. Da derselbe aufserdem mit Satz 1) in Widerspruch *steht, so können* wir auch ihn nur als einen empirischen *Ausdruck ansehen.*

3) *Pole* eines Magnetstabes nennen wir in demselben die Angriffspunkte der Resultanten gleicher und paralleler magnetischer Kräfte, z. B. des Erdmagnetismus, welche auf die, auf beiden Hälften desselben verbreiteten magnetischen Fluida wirken. Nach dieser Erklärung erhält man den Abstand λ der Pole von einander durch Division des magnetischen Momentes M der Stäbe durch das Moment m_0 ihrer mittleren Theile (§. 261). Auf diese Weise habe ich aus den Inductionsversuchen von Lenz und Jacobi bei Stäben von der Länge l den Polabstand λ abgeleitet (§. 305). Der Werth $y = \frac{1}{2}(l - \lambda)$ ergiebt dann die Entfernung der Pole von dem ihnen zunächst liegenden Ende der Stäbe. So ist:

l	12″	18″	24″	30″	36″	42″	48″
λ	8,9	13,6	17,6	21,7	25,9	29,9	33,1
y	1,55	2,2	3,2	4,15	5,05	6,05	7,45

Die Werthe λ sind etwas zu klein, also die Werthe y etwas zu grofs, da die Versuche wegen der schwächeren Inductionswirkung der Enden der Stäbe die Momente M der ganzen Stäbe etwas zu klein ergeben, indefs sind die Abweichungen nicht sehr bedeutend. Würde man z. B. statt der gefundenen Momente M die nach der Formel von van Rees berechneten nehmen, die wohl etwas zu grofs sind, da die Formel nur gilt, wenn die Scheidungkräfte gegen die Enden der Stäbe nicht abnehmen, so erhielte man

l	12″	18″	24″	30″	36″	42″	48″
λ	9,2	13,5	17,7	22,1	26,7	30,9	35,2
y	1,4	2,25	3,15	3,95	4,65	5,55	6,45

Hr. Dub meint in Bezug auf diese Werthe (l. c. S. 220) »dafs er es nur als eine zu grofse Vorliebe für theoretische Ausdrücke meinerseits erklären könne, welche mich veranlafst habe, ganz nahe liegende Beobachtungen unberücksichtigt zu lassen.« Nach seinen Bestimmungen sollen nämlich die Pole viel näher an den Enden der Stäbe liegen, so dafs der Abstand y bei Stäben von 12, 24, 48 Zoll nur $\frac{1}{2}$, 1 und 2 Zoll betrüge. Diese nicht gerechtfertigte Behauptung beruht nur indefs darauf, dafs Hr. Dub zur experimentellen *Bestimmung der Lage* der Pole eine unrich-

tige Methode angewendet hat. Er legt einen Magnetstab in horizontaler Lage in die magnetische Ostwestlage und verschiebt neben demselben und ihm parallel eine Declinationsnadel, bis sich dieselbe in der Richtung des magnetischen Meridianes einstellt. Der in der Verlängerung der Nadel liegende Punkt des Stabes soll dann dem Pol desselben entsprechen. Bei dieser Methode wirken aber die Kräfte zwischen den Polen der Nadel und den auf den einzelnen Stellen des Stabes verbreiteten freien Magnetismen durchaus nicht mehr in paralleler Richtung und aus gleicher oder unendlicher Entfernung. Damit die Resultante derselben in den magnetischen Meridian fällt, mufs man die Nadel viel weiter zum Ende des Stabes hinschieben, als wenn sie gerade dem eigentlichen Pol desselben gegenüberstehen sollte. Bei weiterer Entfernung vom Magnet werden obige Kräfte mehr und mehr einander parallel, und man mufs die Nadel mehr von dem Ende des Stabes entfernen, um sie zur Einstellung zu bringen. Dabei tritt dann aber wiederum die Einwirkung des entfernter liegenden Poles mehr und mehr hervor, so dafs bei noch gröfserem Abstand von dem Stabe die Nadel wiederum weiter gegen sein Ende vorgeschoben werden mufs. Es wurde so ein Eisenstab von 1^m Länge und 32^{mm} Durchmesser in der magnetischen Ostwestlage horizontal hingelegt. Derselbe war seiner ganzen Länge nach mit Drahtwindungen umgeben, durch die ein Strom geleitet wurde. Parallel neben demselben wurde eine Magnetnadel von 32^{mm} Länge, deren Axe in verschiedenen Abständen b von der Axe des Stabes sich befand, so lange verschoben, bis sie jedesmal sich in den magnetischen Meridian einstellte, und nun der Abstand a des in ihrer Verlängerung liegenden Punktes des Stabes von dem zunächst liegenden Ende desselben notirt. So ergab sich:

b	60^{mm}	77,5	96,5	113,5	149,5	167,5	205	275,5	295,5
a	43^{mm}	54,5	65	72	79	83	86	77	71

und ebenso bei einem 500^{mm} langen, 10^{mm} dicken Eisen-

stabe:

b	72	90	109	127	145	163	181
a	37,5	44	48	48	46,5	42,5	38,7

Nach diesen Beobachtungen müfsten also bei den beiden Stäben von 1000 und 500^{mm} Länge die Pole jedenfalls weiter von den Enden derselben entfernt seyn als 86^{mm} und 48^{mm}. Berücksichtigt man, dafs auch bei den entsprechenden Entfernungen der Magnetnadel von den Stäben $b = 205^{mm}$ und $b = 127^{mm}$ die Kräfte, welche von dem ihr zunächst liegenden Ende der Stäbe ausgehen, noch durchaus nicht als parallel anzusehen, die von dem anderen Ende der Stäbe auf die Nadel wirkenden Kräfte durchaus nicht zu vernachlässigen sind, so müssen die wahren Werthe der Abstände der Pole von den Enden der Stäbe viel gröfser seyn als 86 und 48^{mm} und dürften sich von den oben aus den Versuchen von Lenz und Jacobi berechneten nicht allzusehr unterscheiden. — Die Bestimmung der Lage der Pole durch Hrn. Dub ist hiernach aber nicht richtig und eine genauere Feststellung derselben nach dieser Methode nicht mit Sicherheit auszuführen.

4) Nach Hrn. Dub ist der *erregte* wie auch der *freie* Magnetismus von Eisenstäben, welche ihrer ganzen Länge nach mit der Magnetisirungsspirale bedeckt sind, wenn die gesammte auf sie wirkende magnetisirende Kraft (das Product der Intensität des magnetisirenden Stromes mit der jedesmaligen Windungszahl der Spirale) unverändert bleibt, der Quadratwurzel der Länge der Stäbe proportional.

Hr. Dub behandelt hier, wie bei der Betrachtung der Vertheilung des erregten und freien Magnetismus auf der Länge der Stäbe, getrennt den *erregten* Magnetismus der Stäbe, der durch den Inductionsstrom gemessen wird, welcher beim Oeffnen der Magnetisirungsspirale in einer die Eisenstäbe umgebenden Inductionsspirale erzeugt wird, und den *freien* Magnetismus derselben, der durch die Ablenkung einer kleinen Magnetnadel bestimmt wird, welche von Ost oder West dem in der magnetischen Ostwestebene horizontal hingelegten Magnetstab genähert wird. Indefs haben hier *die Namen erregter und freier* Magnetismus eine ganz an-

dere Bedeutung wie in dem oben ad 1) und ad 2) erwähnten Falle. Bekanntlich geben *beide* Bestimmungsmethoden, zunächst bei geraden Magnetstäben, das magnetische *Moment* derselben. Dividirt man dasselbe in beiden Fällen durch den Polabstand λ oder die ihm nahezu proportionale Länge l der Stäbe, so erhält man einen Werth, welcher dem auf ihren Hälften verbreiteten *freien* Magnetismus F proportional ist.

Bei der ersten, von Lenz und Jacobi angewendeten Methode entspricht die Intensität des Inductionsstromes direct dem magnetischen Moment M der Stäbe. Da dieselben ihrer ganzen Länge l nach mit der Magnetisirungsspirale bedeckt waren, so muſs, um das Moment M_0 für gleiche magnetisirende Kräfte zu berechnen, unter Annahme der Constanz des Verhältnisses von M zu der Intensität J der magnetisirenden Ströme, M durch l dividirt werden. Nach dem Satz des Hrn. Dub soll dann bei verschieden langen Stäben $\frac{F}{\sqrt{l}} = \frac{M_0}{l\sqrt{l}} = \frac{M}{l^2\sqrt{l}}$ eine constante Gröfse seyn. Die Werthe z sind aber (im Verhältnifs) bei den Versuchen von Lenz und Jacobi (§. 302).

l	12″	18″	24″	30″	36″	42″	48″
z	100	103	101	98,1	96,1	88,6	85,2

Sie nehmen also ziemlich regelmäſsig mit wachsender Länge der Stäbe ab. Da bei diesen Versuchen die Inductionsspiralen die Stäbe nur bis zu ihren Enden bedeckten, so übten die Enden verhältnifsmäſsig eine zu kleine Inductionswirkung aus. Dieser Verlust wird bei den kürzeren Stäben am stärksten hervortreten, da die Länge der schwächer wirkenden Endstellen im Verhältnifs zu ihrer ganzen Länge immer gröfser wird. Corrigirt man also den dadurch entstehenden Fehler, so würde sich die Abnahme von z mit wachsender Länge der Stäbe noch bedeutender herausstellen.

Dieselbe Abnahme zeigt sich auch bei den Versuchen, das Moment M_0 von Stäben, welche gleichen magnetisi*renden Kräften* unterworfen und in die magnetische Ostwest-

lage gebracht sind, durch die Ablenkung einer östlich oder westlich vor ihnen aufgestellten Magnetnadel zu bestimmen. (Vergl. den vorigen Aufsatz.) Aus einigen Versuchen von Hrn. Dub, bei denen die Magnetnadel 21 Zoll von dem zunächst liegenden Ende der Stäbe entfernt war, ergiebt sich so u. A. (§. 303).

l	6	12	18	24
M_0	100	238,3 (245,4)	397,7 (426,5)	522,9 (589)
z	100	84 (86,7)	76,5 (86,7)	65,3 (76,6).

Die doppelten Werthe von M_0 und z sind erhalten, indem bei der Berechnung einmal nur die Länge l, sodann aber richtiger der Polabstand λ, wie er sich ad 3) ergeben hat, benutzt wurde. — Dieselbe Abnahme der Quotienten z zeigt sich auch bei den im vorigen Aufsatz mitgetheilten Versuchen.

Hr. Dub hat die Berechnung der Momente M_0 und Quotienten z bei geraden Magnetstäben aus der Ablenkung der Magnetnadel nicht ausgeführt, sondern begnügt sich (l. c. S. 237) mit der Angabe, dafs die Zunahme der Momente bei längeren Stäben einen doppelten Grund habe, einmal die Vermehrung der Zahl der magnetisirten Eisentheilchen, sodann die Vergröfserung des Abstandes der Pole. Er bedient sich deshalb, um letzterem Einflufs zu entgehen, hufeisenförmiger Stäbe von 13 bis 53 Zoll Länge, die auf ihrer ganzen Länge gleichen magnetisirenden Kräften ausgesetzt sind, und deren verticale, gleichweit von einander entfernte, Schenkel in der Ostwestebene sich befinden. In der horizontalen Verbindungslinie ihrer Polflächen, 21 Zoll von dem einen Schenkel entfernt, befindet sich eine Magnetnadel. Die Tangenten der Ablenkungen φ derselben werden bei dem ziemlich bedeutenden Abstande von dem Magnet nahezu seinen freien Magnetismen F proportional seyn. Die Quotienten $z = \frac{\mathrm{tg}\,\varphi}{\sqrt{l}}$ sind bei diesen Versuchen fast völlig constant. Wir haben aber im vorigen Aufsatz gezeigt, wie bei gewissen Verhältnissen sogar eine Zunahme der Quotienten z bei wachsender Länge der Hufeisen beobachtet werden

kann, die wohl durch eine stärkere Wechselwirkung der Pole bei den längeren Hufeisen bedingt ist. Die von Hrn. Dub gefundene Constanz der Quotienten z möchte daher nicht als eine allgemein gültige, sondern nur in den speciellen Bedingungen seiner Versuche begründete zu betrachten seyn, um so mehr, als sich ergeben hat, dafs die Verhältnisse der Momente der Stäbe und der Intensität der sie erzeugenden Ströme sich mit dem Anwachsen der letzteren bedeutend, und zwar bei verschieden langen Stäben in ungleichem Grade ändern [1]).

Es erscheint übrigens von vorn herein nicht gut möglich, dafs die Momente der, nur ihrer ganzen Länge nach mit der Magnetisirungsspirale bedeckten Stäbe eine einfache Function ihrer Länge allein seyen. Das magnetische Moment M eines Stabes ist nämlich eine Function f der auf seine einzelnen Punkte wirkenden magnetisirenden Kräfte. Aendern sich diese letzteren auf der Länge der Stäbe von ihrer Mitte an, so können wir sie wiederum als eine Function φ des Abstandes α der einzelnen Punkte von der Mitte darstellen, so dafs $M = f[\varphi(\alpha)]$ wäre. Wäre nun in einem Stabe von $n$facher Länge die Vertheilung der magnetisirenden Kräfte ganz dieselbe, wie in dem Stabe von einfacher Länge, so würden wir sein Moment M_n erhalten, indem wir in obiger Gleichung für α den Werth $n\alpha$ setzten. Es wäre in diesem Fall möglich, wenn auch durchaus nicht nöthig, dafs alle Glieder von M_n dieselbe Potenz n^β, z. B. die Quadratwurzel von n enthielten, wo dann $M_n = n^\beta f[\varphi(\alpha)]$ geschrieben werden könnte, und die Function $f[\varphi(\alpha)]$ bei verschiedenen Stäben dieselbe wäre. Nur in diesem Fall nähme das Moment M_n der verschieden langen Stäbe dem Werth n^β proportional zu. Aendert sich aber

1) Directe Versuche zeigten, dafs eine, den von mir benutzten Hufeisen in einer Entfernung von 21 Zoll gegenübergestellte Magnetnadel, bei den von mir verwendeten gröfsten Stromintensitäten noch stärker als bei den Versuchen von Hrn. Dub abgelenkt wurde; so dafs sich aus der Verschiedenheit der Intensität der Ströme die Ungleichheit der Resultate nicht erklären läfst.

aufser der Länge auch noch die Vertheilung der magnetischen Momente, so ändert sich nicht nur α in $n\alpha$, sondern auch die Form der Function φ. Dann können also durchaus nicht mehr die Momente M einfach einer Potenz der Länge proportional seyn. Letzteres ist aber bei den, ihrer ganzen Länge nach mit der Magnetisirungsspiralebedeckten Stäben der Fall, da mit wachsender Länge der Stäbe die Länge ε der Enden derselben nahezu constant bleibt, auf der die magnetischen Scheidungskräfte sich um mehr als eine bestimmte Anzahl Procente von den Kräften in der Mitte des Stabes ändern, die Länge $l-2\varepsilon$ der mittleren Theile, in denen jene Aenderung unter dem betreffenden Werth bleibt, aber zunimmt. Aehnlich liegende Punkte sind also durchaus nicht von gleichen magnetisirenden Kräften erregt. Im Gegentheil, ist der Stab sehr lang, so treten die Endstücke gegen das mittlere Stück immer mehr zurück, sein Moment wird immer mehr sich demjenigen nähern, welches er erhielte, wenn auf alle seine Theile gleiche magnetisirende Kräfte wirkten, und welches dann durch die vermittelst Integration aus der Green'schen Formel erhaltene Gleichung $M = 2\,(al - \frac{b}{\log m}(\mu' - \mu^{-1})$ dargestellt wird[1]). Selbst wenn also z. B. bei zwei bestimmten Stäben von der Länge l und nl sich die Momente zufällig wie $l : n\beta l$ verhielten, so würde dieſs Verhältniſs doch durchaus nicht bei allen beliebigen Werthen von n der Fall seyn.

5) Der freie (durch die Ablenkung der Magnetnadel gemessene) Magnetismus, also das Moment gleich langer, aber verschieden dicker Eisenstäbe, welche alle von der Magnetisirungsspirale eng umgeben sind, ist bei gleicher Windungszahl nach Hrn. Dub der Quadratwurzel des Durchmessers der Stäbe proportional. Dieser Satz war

1) In meinem Werk (§. 302) sind die Momente der Stäbe als Ganzes, wie es auch die Formel daselbst zeigt, nur durch einfache Summation der nach der Formel von van Rees berechneten Momente ihrer einzelnen Theile, *nicht aber nach obiger* allgemeiner Formel berechnet (vgl. *Dub. l. c. S. 237).*

als ein rein empirisches Resultat schon von J. Müller (§. 269 und 294) für eine Anzahl von Stäben ausgesprochen worden, die alle in dieselbe Magnetisirungsspirale eingelegt wurden. Aus einer Reihe von Versuchen von Lenz und Jacobi (§. 293) ergiebt sich dagegen, dafs in dem letzteren Falle die Momente nahezu den Durchmessern proportional zunehmen. Hr. Dub führt diese letzteren Versuche indefs auch auf sein Gesetz zurück, indem er nach anderen Versuchen von Lenz und Jacobi annimmt, dafs wenn die Durchmesser der, die Eisenkerne nicht eng umschliefsenden Spiralen verringert würden, bei Abnahme derselben im Verhältnifs von 3,7 : 2 ihre magnetisirende Kraft im Verhältnifs von 12 : 11 abnimmt. Ich habe diese Art der Correction wohl mit Recht eine etwas freie (nicht eine willkürliche, unbegründete, vgl. Dub. l. c. S. 204) genannt, da obiges Verhältnifs, welches Lenz und Jacobi bei einem Eisenkern von $1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser gefunden hatten, nicht ganz ohne Weiteres auf Eisenkerne von anderen Durchmessern übertragen werden darf, indem die Vertheilung der magnetisirenden Kräfte in den Eisenkernen bei gleicher Verminderung des Durchmessers der Magnetisirungsspiralen sich bei verschieden dicken Kernen durchaus nicht in gleicher Weise ändert. — Hr. Dub selbst hatte früher seinen Satz nur durch zwei einzelne Versuche mit Eisenkernen von 1 und 2 Zoll Durchmesser bestätigt, welche von der Magnetisirungsspirale eng umschlossen waren. Erst neuerdings (l. c. S. 212 u. flgde.) hat er weitere Versuche beigebracht, indefs auch nur die Beobachtungen bei einer Stromintensität angestellt. Er findet seinen Satz auch noch bestätigt, wenn die Spirale den Kern nur theilweise umschliefst.

Indefs findet bei Veränderung der Dimensionen der Eisenkerne innerhalb weiterer Gränzen auch hier keine allgemeingültige Uebereinstimmung der Versuche mit obigem Satz statt, wie die folgenden, von mir angestellten Beobachtungsreihen zeigen. Eisencylinder von 250^{mm} Länge und *10,5^{mm}, 20^{mm}, 30^{mm}*, 60^{mm}, 90^{mm} Durchmesser, alle von der

gleichen Eisensorte, gleichmäfsig ausgeglüht und nach dem Ausglühen gleichmäfsig langsam abgekühlt, wurden in eng anliegenden Magnetisirungsspiralen von 127 — 129 Windungen und gleicher Länge wie die Cylinder in einer Entfernung von 880^{mm} östlich vor einem magnetisirten, in einer dicken Kupferhülse schwebenden Stahlspiegel aufgestellt; durch die Spiralen wurde ein Strom geleitet, dessen Intensität J an einem Spiegelgalvanometer abgelesen wurde, und die das Moment M der Eisenstäbe messende Ablenkung des Stahlspiegels bestimmt. Die Versuche wurden genau in derselben Weise ausgeführt, wie die im vorigen Aufsatz beschriebenen Beobachtungen. Die beobachteten Tangenten der doppelten Ablenkungsmittel der Spiegel sind auf Tangenten der einfachen Winkel reducirt. So ergab sich:

I. Stab 10,5^{mm} dick.			II. Stab 20^{mm} dick.			III. Stab 30^{mm} dick.		
J	M	z	J	M	z	J	M	z
183,2	226,7	1,257	169	291,6	1,725	106,8	234,2	2,195
222,5	273,5	1,229	346,2	615,9	1,778	155,1	346,2	2,233
444,9	567,8	1,277	395,9	716,8	1,811	225,2	508,3	2,257
542,9	722,6	1,331	425,8	762,1	1,790	407,5	924,7	2,270
749,0	990,0	1,321	494,8	892,3	1,805	490,5	1131,0	2,306
			550,3	1007,6	1,831	683,1	1578,0	2,310

IV. Stab 60^{mm} dick.			V. Stab 90^{mm} dick.		
J	M	z	J	M	z
109,1	408,3	3,744	102,4	530,1	5,392
159,2	597,0	3,753	144,3	770,9	5,343
244,1	926,8	3,797	253,1	1367,0	5,400
314,9	1207	3,834	301,1	1644,0	5,461
389,9	1493	3,832	391,1	2141,0	5,474
451,1	1731	3,833	443,9	2441,0	5,498
588,8	2281	3,874			

Die Columnen z enthalten die Quotienten $z = \frac{M}{J}$. Dividirt man die Werthe z, welche etwa der Stromintensität 400 bis 500 *entsprechen, bei* welcher nicht mehr eine sehr *schnelle Aenderung derselben* eintritt, durch die Anzahl der

Windungen w und sodann durch die Quadratwurzel aus dem Durchmesser d der Stäbe, so erhält man:

$d =$	10,5	20	30	60	90
$z =$	1,277	1,800	2,285	3,834	5,498
const $\frac{z}{w\sqrt{d}}$	1000	1026	1067	1207	1339

Das Verhältnifs der letzteren Werthe würde sich bei anderen Stromintensitäten ein wenig ändern, indefs würde dennoch sich auch dann ergeben, dafs die Werthe z bedeutend schneller ansteigen, als die Quadratwurzeln der Dicken der Stäbe. Dieses findet namentlich bei dickeren Stäben statt. — Die bei obigen Versuchen benutzten Ströme und beobachteten Momente liegen in ähnliche Gränzen eingeschlossen wie bei den Versuchen des Hrn. Dub, wie diefs auch directe Beobachtungen ergeben.

So kann auch das Gesetz des Hrn. Dub in Bezug auf die Abhängigkeit der Magnetisirung der Kerne von ihrer Dicke nur als ein innerhalb gewisser Gränzen annähernd richtiges angesehen werden. Ueber den theoretischen Werth dieses Satzes lassen sich die analogen Betrachtungen anstellen, wie in Bezug auf den Satz von der Abhängigkeit der Momente von der Länge der Eisenkerne. Die Vertheilung der magnetischen Scheidekräfte ändert sich an den Enden der Stäbe, wenn ihre Dicke im Verhältnifs von $1 : n$ und von $n : n^2$ ansteigt, durchaus nicht in demselben Verhältnifs, indem die Strecken an ihren Enden, in denen sich die Scheidekräfte schneller ändern, als um einen gewissen aliquoten Theil der Scheidekräfte in ihrer Mitte, mit wachsenden Dicken der Stäbe immer gröfser werden.

Sind die die Stäbe eng umschliefsenden Spiralen sehr viel länger als dieselben, so sind die auf alle Theile der Stäbe der Länge nach wirkenden Scheidekräfte einander gleich und auch in dem Querschnitt sind sie bei den ungleich dicken Stäben wenigstens in ähnlicher Weise vertheilt. Dann aber nähert sich das Verhältnifs ihrer Momente mehr der Proportionalität mit ihrem Durchmesser

selbst, wie dies auch die Versuche des Hrn. Dub (l. c. S. 217 flgde.) ergeben.

Wir haben im Vorhergehenden stets angenommen, dafs die Intensitäten der die Eisenstäbe magnetisirenden Ströme nicht zu bedeutend sind. Würden dieselben z. B. so grofs werden, dafs *alle* Molecüle der Stäbe ihre Axen parallel der Axe der letzteren richteten, so träten selbstverständlich andere Verhältnisse ein; alle Theile der Stäbe hätten dann gleiche Momente, auf ihren Oberflächen wäre, mit Ausnahme ihrer Endflächen, kein freier Magnetismus, die Pole fielen mit den Endflächen zusammen und die Momente der Stäbe wären ihrer Masse proportional, die Stäbe hätten das Maximum ihrer Magnetisirung erreicht.

Auf die Versuche, welche die verschiedenen Sätze des Hrn. Dub vermittelst der Anziehung zweier elektromagnetischer Eisenkerne bestätigen sollen, wollen wir hier nicht weiter eingehen. Offenbar sind die dabei gewonnenen Resultate viel unsicherer als die nach den erwähnten Methoden erhaltenen Werthe, so dafs sie jedenfalls kleinere Abweichungen nicht mit Sicherheit erkennen lassen.

Wenn die Sätze des Hrn. Dub, wie wir im Vorigen uns zu zeigen bemüht haben, theils gewisse Abweichungen von den directen Erfahrungsresultaten erkennen lassen, theils auch den allgemeineren Prinzipien, theils auch untereinander direct widersprechen, und wir ihnen deshalb eine allgemeine theoretische Bedeutung nicht beilegen können, so bewahren sie doch einen nicht zu verkennenden practischen Werth. Da es bisher unmöglich ist, rationelle Formeln für die Abhängigkeit der Momente der Stäbe, welche ihrer Länge nach mit den Magnetisirungsspiralen bedeckt sind, von ihren Dimensionen aufzustellen, und dieselben aller Wahrscheinlichkeit nach bei der complicirten Vertheilung der Scheidekräfte sehr verwickelt ausfallen würden, so ist es schätzenswerth, dafs wir durch Hrn. Dub (ähnlich, wenn auch einfacher wie früher durch Haecker für den *Magnetismus der Stahlmagnete*) Formeln erhalten haben, *welche jene elektromagnetischen* Momente mit genügender

Annäherung innerhalb der in der Praxis gebräuchlichen Fälle darstellen. Indefs wird man jenen Formeln, wie allen empirischen Sätzen und Interpolationsformeln über die Beobachtungsgränzen hinaus durchaus keine allgemeine Gültigkeit zuschreiben dürfen. Der einzige Satz, welcher bei der ungleich starken Einwirkung elektromagnetisirender Kräfte auf die einzelnen Theile beliebig gestalteter, z. B. gerader Eisenstäbe, *a priori* eine allgemeine rationelle Gültigkeit bewahrt, ist bisher der von Thomson aufgestellte »dafs ähnliche Stangen, von verschiedenen Dimensionen, auf ähnliche Weise mit Drahtgewinden umwickelt, deren Längen den Quadraten der lineären Dimensionen der Stäbe proportional sind, von gleichen Strömen umflossen, eine gleiche magnetische Kraft auf (aufserhalb derselben) ähnlich belegene Punkte ausüben.« Die Sätze des Hrn. Dub würden innerhalb der Gränzen ihrer Gültigkeit mit diesem Satz in Uebereinstimmung seyn (§. 313). Wenn Hr. Dub (Elektromagnetismus S. 308) die Richtigkeit des Satzes von Thomson bestreitet, so ist diefs wohl nur einer nicht ganz richtigen Auffassung desselben zuzuschreiben.

In dem vorliegenden Aufsatz habe ich meine Ansichten über die Gesetze der Elektromagnete zu begründen versucht, welche Hr. Dub in verschiedenen, in diesen Annalen veröffentlichten Abhandlungen aufgestellt hat. Der Leser findet also in den Annalen alles Material, um selbständig und, bei der Einfachheit der Sachlage auch ohne Schwierigkeit und ohne weitere Erörterungen entscheiden zu können, ob die von Hrn. Dub aufgestellten Sätze wirklich die allgemeine Bedeutung haben, welche er ihnen beilegt, oder ob meine dagegen erhobenen Bedenken begründet sind. Ich betrachte deshalb die Acten in Bezug auf diese Frage als geschlossen und glaube meinerseits von jeder ferneren Polemik über dieselbe absehen zu sollen.

Basel, 20. Juli 1862.

III. *Die Lehre von der Brechung und Farbenzerstreuung des Lichts an ebenen Flächen und in Prismen, in mehr synthetischer Form dargestellt; von E. Reusch.*

Seit langer Zeit bediene ich mich zur Erläuterung des bekannten Hauptgesetzes der Lichtbrechung und seiner Consequenzen einer Darstellungsweise, welche, wie ich mich erst vor Kurzem überzeugt habe, die Gesetze der Lichtbrechung in Prismen, die Lehre vom Achromatismus, sowie die einfachsten Fälle der Doppelbrechung in recht anschaulicher Weise darzulegen geeignet ist. In einem späteren Aufsatze über den Schiller des Labradors u. s. w. werde ich von der hier darzustellenden Methode ebenfalls Gebrauch machen [1]). Möge der letztere Umstand die Aufnahme dieser unbedeutenden, nur Bekanntes enthaltenden Arbeit in diese Annalen einigermafsen rechtfertigen.

Brechung an einer ebenen Fläche.

§. 1.

Es sey OA (Fig. 1 Taf. II) die Trennungsebene zweier durchsichtiger Medien, unten das stärkere brechende, LO ein einfallender Lichtstrahl, dem der Brechungscoëfficient n entspricht, ON das Einfallsloth, $\angle LON = \alpha$ der Einfallswinkel; der Brechungswinkel $MON' = \beta$ wird dann bekanntlich durch die Gleichung

$$\sin\alpha = \sin\beta$$

gefunden. Zieht man im dünneren Medium mit beliebigem Halbmesser OL einen Kreis aus O, ferner einen concentrischen, dessen Halbmesser On sich zu OL verhält wie $n : 1$, verlängert endlich den gebrochenen Strahl MO rückwärts bis zum gröfseren Kreis in l, so besagt die obige Gleichung, dafs die Abstände LP und lp der Punkte L und l vom *Einfallsloth gleich sind.*

1) *Dieser Aufsatz ist bereits im Bd. CXVI S. 392 mitgetheilt.* P.

Ist umgekehrt der Strahl MO im dichteren Mittel gegeben, so wird man denselben bis zum äufseren Kreise in l verlängern, durch l eine Parallele lL mit ON ziehen und dadurch den zugehörigen Strahl OL im dünneren Mittel bestimmen.

Die Operation durch welche l aus L oder L aus l abgeleitet wird, können wir als eine Projection von einem Kreise auf den andern nach ON als Projectionsrichtung ansehen. Die Linien LO, lo von den zusammengehörigen Projectionen l und L nach dem Einfallspunkt liefern somit jederzeit die Richtungen eines einfallenden und des zugehörigen gebrochenen Strahls.

Wächst der Einfallswinkel um LOL', so wächst der Brechungswinkel um lOl', wenn L' und l' als Projectionen zusammengehören. Die Projectionen der Bögen LL' und ll' auf der Trennungsfläche OA sind gleich. Sind die Bögen verschwindend klein, so ist die Gleichheit ihrer Projectionen ausgesprochen in der Gleichung

$$LL' \cos\alpha = ll' \cos\beta$$

woraus, wenn $LL' = d\alpha$, $ll' = d\beta$ gesetzt wird, folgt

$$\frac{d\alpha}{d\beta} = \frac{n\cos\beta}{\cos\alpha} = \frac{Op}{OP},$$

eine Relation, die man unter Anderem zur Theorie des Regenbogens braucht.

Zieht man im Schnittpunkt A des inneren Kreises mit der Trennungsfläche eine Tangente Aa bis zum äufseren Kreis, so ist A, a das äufserste Paar zusammengehöriger Projectionen und $aOn = N'OB$ der gröfstmögliche Brechungswinkel, der somit der streifenden Incidenz ($\alpha = 90°$) entspricht. Umgekehrt wird ein im dichteren Mittel längs BO gehender Strahl streifend austreten, und ein Strahl CO der mit ON' einen gröfseren Winkel macht als OB, der somit den gröfseren Kreis in einem Punkte i trifft, dem keine Projection auf dem inneren Kreise entsprechen kann, wird nicht austreten, sondern nach OC' reflectirt werden.

Die Richtung PO (Fig. 2 Taf. II) *für welche das reflectirte Licht* OR möglichst polarisirt wird, ist bekanntlich die-

jenige, für welche der gebrochene Strahl OM senkrecht zum reflectirten OR steht. Diefs führt aber auf die Gleichung $\text{tang}\,\alpha = n$. Zieht man daher in den Punkten N und B Tangenten an die betreffenden Kreise und verbindet deren Durchschnitt P mit O, so ist PO die verlangte Richtung. Ihr Schnitt L mit dem inneren Kreis auf den äufseren in l projicirt, giebt die Richtung des gebrochenen Strahls.

§. 2.

Die Betrachtungen des vorhergehenden Paragraphen lassen sich dadurch noch etwas erweitern, dafs man um O zwei Kugeln beschreibt, deren Halbmesser sich wie $1 : n$ verhalten: je zwei Punkte L und l ihrer Oberflächen, die auf denselben Parallelen mit dem Einfallsloth liegen, geben mit O verbunden Richtungen LO und lO, welche als einfallender und gebrochener Strahl zusammengehören. Wir wollen hieran eine Anwendung auf den Fall machen, dafs ein kleines bei O liegendes Flächenelement einfaches Licht von der Sonne erhalte. Ein Kegel dessen Spitze in O liegt und dessen Mantel die Sonne umhüllt, schneidet auf der inneren Kugel ein Kreischen Ω aus; man projicire nun dessen Umfang auf die äufsere Kugel nach ω und betrachte diese Projection als die Basis eines zweiten Kegels, dessen Spitze ebenfalls in O liegt; alsdann enthält der zweite Kegel die äufseren Gränzen aller gebrochenen Strahlen.

Brechung des Lichts im Prisma.

§. 3.

Wir setzen homogenes Licht voraus und verfolgen zuerst das Licht, welches in einem Normalschnitt des Prisma's läuft. Es sey (Fig. 3 Taf. II) SOU der Querschnitt desselben, On die Normale der Eintrittsfläche, On' die der Austrittsfläche. Vor Allem bemerken wir, dafs die Betrachtungen sehr vereinfacht werden, wenn man nicht sowohl den Weg eines irgendwo auf OS eintretenden Strahls verfolgt, sondern sich nur mit den Strahlen beschäftigt, welche unendlich *nahe bei der Prismakante* einfallend gedacht *werden. Wir erhalten so* alle Gesetze der Richtungsände-

rungen der Strahlen und hiermit beschäftigen wir uns hier allein.

Ist nun n der Brechungscoëfficient des einfallenden Lichts, so beschreibe man aus O zwei Kreise deren Halbmesser OS und Os sich wie $1 : n$ verhalten; der Kürze halber möge der erste »*Kreis* 1«, der zweite »*Kreis n*« heifsen. Zieht man nun im Kreis n einen beliebigen Durchmesser lm innerhalb gewisser sogleich näher zu bestimmender Gränzen) und projicirt l und m auf den Kreis 1, den ersten nach der Eintrittsnormalen On, den zweiten nach der Austrittsnormalen On' als Projectionsrichtung und verbindet die Projectionen L und M mit O, so ist OM der austretende Strahl, welcher dem eintretenden LO entspricht. Der durch den Bogen LPM gemessene Winkel LOM mag der Strahlenwinkel heifsen.

Zur Bestimmung der Gränzen ziehe man in S und U, wo Kreis 1 die Prismaflächen trifft, die Parallelen Ss mit On, Uu mit On': alsdann entspricht die Richtung sOt der streifenden Incidenz längs SO als gebrochener Strahl und die Projection nach On' von t auf T bestimmt die Richtung OT des austretenden Strahls. Verlängert man aber uO bis v, projicirt v in V nach On, so ist VO die Eintrittsrichtung zu welcher ein streifender Austritt längs OU gehört. Alle Richtungen innerhalb des Winkels SOV können Richtungen des Eintritts werden, und diesen entsprechen Austrittsrichtungen innerhalb des gleich grofsen Winkels UOT. Ebenso bestimmt der Winkel sOv den Raum in welchem die Richtungen aller im Prisma gebrochenen Strahlen liegen. Wäre der brechende Winkel des Prismas gleich dem gröfsten Brechungswinkel sOn, so würde zum streifenden Eintritt ein normaler Austritt gehören. Will man für gewöhnliche Incidenzen normalen Austritt, so mufs der Prismenwinkel kleiner seyn als der gröfste Brechungswinkel.

Eine ausgezeichnete Richtung des Durchmessers lm ist aber diejenige, welche senkrecht steht zur Halbirungslinie OP des Prismawinkels, nämlich ab. Den Punkten a und b entsprechen je die Projectionen A und B auf Kreis 1; AO

und OB liegen symmetrisch gegen OP, Ein- und Austrittswinkel bezogen auf die Normalen On und On' sind gleich, ebenso die entsprechenden Brechungswinkel aOn, bOn'. Es läfst sich aber zeigen, dafs für diese Incidenz der den Strahlenwinkel AOB messende Bogen APB gröfser ist als für jede andere Incidenz. So ist z. B. für den beliebigen Strahl LO

$$LPM = APB - AL + BM;$$

nun sind AL und BM die Projectionen der gleichen Bögen al und bm, ferner liegt al weiter von n ab, als mb von n', daher ist $AL > BM$, somit in dem vorhergehenden Ausdruck rechts die Abnahme gröfser als die Zunahme, also $LPM < APB$.

Für einen dem Einfallsroth näheren Strahl $L'O$ hat man ebenso:

$$L'PM' = APB + AL' - BM',$$

aber aus gleichen Gründen $BM' > AL'$, also ebenfalls

$$L'PM' < APB.$$

Für die streifende Incidenz ist

$$SPT = APB - AS + BT,$$

aber AS sichtbar $>$ als BT, folglich $SPT < APB$.

Je näher aber L bei A gedacht wird, um so unbeträchtlicher fallen die Unterschiede zwischen den Bögen AL und BM aus, denn je kleiner die auf entgegengesetzten Seiten des Durchmessers ab liegenden gleichen Bögen al und bm sind, um so kleiner ist der Einfluſs, den ihre verschiedene Lage gegen die Einfallslothe On und On' auf die Verschiedenheit der Projectionen AL und BM hat. Der gröfste Strahlenwinkel AOB geht daher stetig in die benachbarten kleineren über. Bekanntlich nennt man aber das Supplement eines Strahlenwinkels, die *Ablenkung* für eine gegebene Incidenz; es ist daher die Ablenkung ein Kleinstes für gleichwinkligen Ein- und Austritt.

§. 4.

Um auch Lichtstrahlen zu verfolgen, welche das Prisma nicht im Normalschnitt durchlaufen, setzen wir, nach Analogie des in §. 2 Gesagten, an die Stelle der Kreise λ und $\varkappa$, Kugeln von diesen Halbmessern, ziehen einen Durch-

messer lOm in Kugel n, projiciren die Punkte l und m, den ersten nach On, den zweiten nach On' auf die innere Kugel in L und M, so ist allgemein LO die Richtung des einfallenden, OM die des austretenden Strahls.

Auf ein sehr kleines Prisma bei O falle Licht von einem sehr fernen leuchtenden Körper. Von O aus gesehen entspreche demselben auf Kugel 1 das Bild Ω. Die Projection von Ω nach On auf Kugel n sey ω und ω' das diametrale Gegenbild von ω. Die Projection von ω' auf Kugel 1 nach On', nämlich Ω', bestimmt mit O als Spitze einen Kegelraum, der alle Strahlen nach ihrem Durchgang durch's Prisma enthält.

Der leuchtende Körper sey die Sonne; der von ihrer Mitte kommende Strahl liege im Normalschnitt und habe überdiefs die Richtung AO, für welche die Ablenkung ein Kleinstes wird; AOL sey der scheinbare Halbmesser der Sonne. Drehen wir nun OL um OA als Achse, so schneiden wir aus Kugel 1 ein Kreischen Ω aus; diesem entspricht auf Kugel n eine Gestalt ω als Projection nach On, welche sehr nahe eine Ellipse seyn wird, deren Achsen LL', ll' sind, die letztere die kleinere. Das diametrale Gegenbild ω' von ω, giebt auf Kugel 1 nach On' projicirt, eine Gestalt Ω', die nur sehr wenig von dem Kreise Ω verschieden sein kann.

§. 5.

Es ist aber von Interesse und für die Theorie der Nebensonnen unerläfslich, einen einzelnen Strahl, der schräg durch ein Prisma läuft, genauer zu verfolgen. In Fig. 4 Taf. II seyen wieder um O die Kugeln 1 und n beschrieben, On und On' wie früher die Normalen der Ein- und Austrittsfläche. Q sey nun ein auf Kugel 1 *vor* dem Normalschnitt liegender Punkt und QO somit ein schräg einfallender Strahl, der mit dem Normalschnitt den Winkel φ mache. Man lege nun durch OQ und On eine Ebene, welche die Kugeln nach zwei Kreisen schneidet, und klappe *die Ebene* QOn um On samt den Kreisen in dem Nor*malschnitt.* Hiedurch kommt Q nach Q' auf Kreis 1. Zieht

man ferner die Gerade $Q'\lambda'$ parallel On und ein Raum $Q\lambda \# Q'\lambda'$, so ist λ im Raum die Projection von Q auf Kugel n. Die beiden Punkte Q und λ stehen vom Normalschnitte um dieselbe Gröfse $\sin\varphi$ ab. Dem Punkt λ diametral gegenüber (hinter dem Normalschnitt) liegt Punkt μ; eine Ebene durch $O\mu$ und On' gelegt und heraufgeklappt um On', bringt μ nach μ' auf Kreis n und hieraus ergiebt sich wie vorhin zunächst R' und dann R als die Projection von μ auf Kugel 1 und daher OR als austretender Strahl.

Man bemerke, dafs von den bisher in Betracht gezogenen Punkten nur Q, λ, μ, R aufserhalb des Normalschnitts liegen und zwar die zwei ersten vor, die zwei letzteren hinter demselben. Im Folgenden haben wir aber Veranlassung, die Projectionen dieser vier Punkte in dem Normalschnitt zu benutzen; sie mögen Q_0 λ_0 μ_0 R_0 heifsen. Es ist also z. B. $OQ = 1$, $OQ_0 = \cos\varphi$, $O\lambda = n$, $\lambda\lambda_0 = \sin\varphi$, $O\lambda_0 = \sqrt{n^2 - \sin^2\varphi}$. Nach diesen Vorbereitungen ist es nun leicht die zwei Hauptgesetze für den schiefen Durchgang des Lichts durch's Prisma aufzustellen.

Einmal haben die Punkte λ, $\varkappa$, μ und folglich auch die Punkte Q und R einerlei Abstand $\sin\varphi$ vom Normalschnitt; es sind daher die Strahlen QO und OR diefs- und jenseits des Normalschnitts gleich gegen denselben geneigt, woraus ferner folgt

$$OQ_0 = OR_0 = \cos\varphi.$$

Ferner läfst sich erwarten, dafs für die Richtungen der Projectionen OQ_0 und OR_0 der schiefen Strahlen in den Normalschnitt eine Gesetzmäfsigkeit existire. Zu diesem Zwecke verlängere man diese Projectionen, die erste bis L, die zweite bis M, ziehe durch L eine Parallele mit On bis zum verlängerten $O\lambda_0$ in l; ebenso durch M eine Parallele mit On' bis zum verlängerten $O\mu_0$ in m.

Es läfst sich nun vorerst leicht zeigen, dafs $Ol = Om$ ist; denn die zwei Paare ähnlicher Dreiecke geben

$$Ol : O\lambda_0 = OL : OQ_0$$
$$Om : O\mu_0 = OM : OR_0,$$

woraus, wegen Uebereinstimmung der letzten drei Glieder beider Proportionen $Ol = Om$ folgt.

Aus der ersten Proportion ergiebt sich aber

$$Ol = \frac{OL \cdot O\lambda_0}{OQ_0} = \frac{\sqrt{n^2 - \sin^2\varphi}}{\cos\varphi},$$

woraus, wenn $Ol = n_1$, gesetzt wird,

$$n_1^2 - 1 = (n^2 - 1)\sec^2\varphi$$

sich ergiebt.

Die Strecke Ol hängt somit nur von n und φ ab, behält daher denselben Werth für alle schiefen Strahlen QO, welche einerlei Winkel mit dem Normalschnitt machen. Beschreibt man daher aus O mit $Ol = n_1$ einen Hülfskreis, zieht darin einen beliebigen Durchmesser lm und projicirt l nach On in L, m nach On' in M, so sind LO und OM zusammengehörige Proportionen der schiefen Strahlen OQ und OR, welche diefs- und jenseits des Normalschnitts den Winkel φ mit demselben machen. Da $n^2 - 1$ die brechende Kraft einer Substanz vom Brechungscoëfficienten n heifst, so kann man auch sagen, die Projectionen der schiefen Strahlen laufen wie Strahlen im Normalschnitt eines Prisma, dessen brechender Winkel gleich ist dem des angewandten, aber dessen Substanz eine im Verhältnifs von $1 : \sec^2\varphi$ gröfsere brechende Kraft hätte [1]).

Farbenzerstreuung bei der Brechung an einer ebenen Fläche.

§. 6.

Ist das einfallende Licht zusammengesetztes, so tritt an die Stelle der Kreise oder Kugeln vom Halbmesser n eine Reihe von Kreisen oder Kugeln, welche den Brechungscoëfficienten der einzelnen Bestandtheile des einfallenden Lichts entsprechen. Wir betrachten insbesondere den Fall, dafs zwei beliebige Farbenstrahlen nach derselben Richtung LO Fig. 5 Taf. II eintreten. Es ist alsdann nicht unpassend, diesen zwei Strahlen einen dritten in Gedanken beizugesellen, dessen Brechungscoëfficient n das arithmetische Mittel ist aus den Brechungscoëfficienten der zwei gegebe-

1) *Bravais; Théorie des halos;* Journ. de l'école polyt. T. XVIII.

nen Farben, so dafs diese letzteren durch $n \pm \nu$ vorgestellt werden können. Legt man z. B. für die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten vier Stoffe die Spectrallinien B und H zu Grunde, so erhalten n und ν die nachstehenden abgerundeten Zahlenwerthe:

	n	ν
Wasser	1,337	0,007
Crownglas	1,536	0,010
Flintglas	1,649	0,022
Schwefelkohlenstoff	1,660	0,042

Beschreibt man also z. B. den Kreis l mit einem Halbmesser von 100^{mm}, so erhält der Kreis n für die mittlere Farbe 166^{mm} Halbmesser und von diesem stehen die den Farbenstrahlen B und H entsprechenden Kreise je um $4{,}2^{mm}$ ab.

Es sey nun (Fig. 5 Taf. II) LO ein die drei Farben enthaltender Strahl, so entsprechen dem einen L die drei Projectionen r, l, v auf den Kreisen n, $n \pm \nu$; diese Projectionen mit O verbunden und ins dichtere Mittel verlängert erhält man den Farbenbüschel $ORMV$. Das Dreieck Orv sammt seiner Mittellinie Ol giebt ein vollständiges Bild der obwaltenden Verhältnisse; so sieht man sofort, dafs $\angle vOl < lOr$, oder dafs OM etwas näher bei V als bei R liegt. Dann erhält man einen recht brauchbaren Näherungswerth für den Zerstreuungswinkel $rOv = \zeta$. Ist nämlich $nOl = \beta$ der Brechungswinkel der mittleren Farbe für die Incidenz $LON = \alpha$, so hat man ziemlich nahe, und zwar um so näher, je kleiner β und ν,

$$vr \cos\beta = 2\nu, \qquad vr \sin\beta = n\zeta$$

woraus

$$(1) \quad \zeta = \frac{2\nu}{n} \operatorname{tang}\beta = \frac{2\nu}{n} \frac{\sin\alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}},$$

folglich für sehr kleine Incidenzen $\zeta = \frac{2\nu}{n^2}\alpha$.

Für Schwefelkohlenstoff und $\alpha = 45^\circ$ erhält man durch directe Berechnung der Winkel rOn und vOn, $\zeta = 1^\circ 21' 59''$, mit Formel (1) $= 1^\circ 21' 54''$, mit der letzten Formel, $= 1^\circ 22'$.

Bis zur streifenden Incidenz, wo ζ seinen gröfsten Werth

fOg erhält, wird man natürlich die Formel (1) nicht ausdehnen wollen.

Wir betrachten nun einen gleicherweise zusammengesetzten Strahl PO der vom dichteren Mittel ins dünnere geht. Seine Verlängerung nach Aufsen trifft die äufseren drei Kreise in den Punkten r', q, v', welche auf Kreis 1 projicirt die Austrittspunkte R', Q, V' und den Zerstreuungswinkel $R'OV' = \zeta'$ bestimmen. Hier ist QV' etwas gröfser als QR'. Ferner liefert die Figur vermöge der Gleichheit der Projectionen von $v'r'$ und $V'R'$ auf die Trennungsfläche OA die nahe richtige Relation, $2\nu \sin\beta = \zeta' \cos\alpha$, oder

$$2) \quad \zeta' = \frac{2\nu \sin\beta}{\cos\alpha} = \frac{2\nu}{n} \operatorname{tang}\alpha,$$

oder für kleine α, $\zeta' = \frac{2\nu}{n}\alpha$. Verglichen mit dem entsprechenden Werth für ζ, ergiebt sich daher $\zeta' = n\zeta$, d. h. für gleiche aber kleine Winkel des Ein- oder Austritts ist daher die Zerstreuung beim Austritt das $n$fache von der beim Eintritt.

Die Tangente in A' an Kreis 1 bestimmt auf Kreis n den Punkt a' und damit die Richtung GOa', für welche die mittlere Farbe streifend austritt. Ginge längs GO Licht von allen Brechbarkeitsgraden zwischen $n-\nu$ und $n+\nu$, so würden sich alle Farben von kleinerer Brechbarkeit über den Bogen $A'J$, Projection von $a'i$, fächerförmig verbreiten; die Farben von stärkerer Brechbarkeit würden aber, weil der Strecke $a'h$ keine Projection auf Kreis 1 entsprechen kann, nicht austreten; sondern alle nach derselben Richtung OG' als ein Strahl (mit vorherrschendem Blau) vollständig reflectirt werden.

Endlich bestimmt die Tangente in N an Kreis 1 durch ihre Schnitte ϱ, m, φ mit den Tangenten an die Kreise n, $n \pm \nu$ bei B, die Richtungen ϱO, mO, φO, nach welchen diese Strahlen verschiedener Brechbarkeit durch Reflexion polarisirt werden.

Farbenzerstreuung im Prisma.

§. 7.

Ein zusammengesetzter Strahl SO (Fig. 6 Taf. II) falle im Normalschnitt unter dem Winkel $SOn = \alpha$ auf das Prisma; $sOn = \beta$ sey der zugehörige Brechungswinkel für die mittlere Farbe. Die projicirende Linie Ss schneidet die Kreise $n \pm \nu$ in x und y. Man ziehe nun den Durchmesser st und lege durch t die Linie $x'y'$ parallel xy; x' und y' sind dann die Gegenbilder von x und y und die Projectionen R und V der ersteren bestimmen die Richtungen der äufseren Farbenstrahlen sowie den Zerstreuungswinkel $ROV = \zeta$. Setzt man ferner $n'Ot = \beta_1$, $n'OT = \alpha_1$, den Prismenwinkel $= \psi$, und den Ablenkungswinkel für die mittlere Farbe $= \delta$, so hat man einmal die bekannten Gleichungen

$$(A) \qquad \begin{array}{ll} \sin\alpha = n\sin\beta, & \sin\alpha_1 = \sin\beta_1 \\ \beta + \beta_1 = \psi, & \delta = \alpha + \alpha_1 - \psi. \end{array}$$

Dann ersieht man aus der Figur die nahe richtigen Relationen

$$xy\cos\beta = 2\nu, \qquad x'y'\sin\psi = RV\cos\alpha_1,$$

woraus, da $x'y' = xy$, und $RV = \zeta$ ist, folgt

$$(1) \quad \zeta = \frac{2\nu\sin\psi}{\cos\beta\cos\alpha_1}.$$

Steht die mittlere Farbe unter kleinster Ablenkung und ist μ der Werth von δ für diesen Fall, so ist $\alpha = \alpha_1 = \frac{1}{2}(\mu+\psi)$, $\beta = \beta_1 = \frac{1}{2}\psi$, und hiemit wird der obige Ausdruck zu

$$(2) \quad \zeta = 4\nu\frac{\sin\frac{1}{2}\psi}{\cos\frac{1}{2}(\mu+\psi)} = \frac{4\nu}{n}\operatorname{tang}\tfrac{1}{2}(\mu+\psi) = \frac{4\nu}{n}\operatorname{tang}\alpha.$$

Für 60gradige Prismen erhält man mit den in §. 6 gegebenen Zahlenwerthen und der Formel (2) die in der Tabelle stehenden Werthe:

	μ	ζ
Wasser	23° 54′ 10″	1° 4′ 43″
Crownglas	40° 20′ 56″	1° 47′ 21″
Flintglas	51° 4′ 32″	4° 27′ 19″
Schwefelkohlenstoff	52° 11′ 30″	8° 37′ 41″

Die so berechneten auf das Intervall BH bezüglichen Werthe von ζ weichen für Flint in den Sekunden, für Schwefelkohlenstoff in den Minuten um Etwas ab von den mit den strengen Formeln (A) erhaltenen Werthe. Legt man aber kleinere Intervalle des Spectrums wie BC, CD, DE usw. zu Grunde, so giebt die Näherungsformel recht genaue Werthe. Legt man z. B. die Brechungscoëfficienten für Flintglas No. 23 in Fraunhofer's berühmter Abhandlung (Denkschriften der bair. Acad. 1814 u. 1815) zu Grunde und berechnet für das zu ihrer Bestimmung angewandte Prisma vom brechenden Winkel $\psi = 60^\circ\ 15'\ 42''$ (Tab. II und III der citirten Abhandlung) die kleinsten Winkelbreiten der auf einander folgenden Intervalle BC, CD usw., so findet man zum Theil bis auf Zehntelsekunden die von Fraunhofer direct gemessenen in Tab. II enthaltenen Werthe.

Der Ausdruck (1) für die einer beliebigen Incidenz entsprechende Farbenzerstreuung zeigt, dafs ζ Minimum wird für das Maximum des Nenners $\cos\beta\cos\alpha_1 = \cos(\psi - \beta_1)\cos\alpha_1$. Die rechnende Behandlung führt aber nicht auf einfache Bedingungen. Die aufmerksame Betrachtung der mit der Lage des Durchmessers st veränderlichen Figur $VRx'y'$ zeigt aber, dafs das Minimum von VR in die Nähe des normalen Austritts, sofern dieser überhaupt möglich ist, fällt, dafs daher dieses Minimum bei Prismen von grofsen brechenden Winkeln gar nicht vorkommt.

Eine weitere Bemerkung ist folgende: die Strecke sx (Fig. 6 Taf. II) ist etwas gröfser als sy, wie man sieht, wenn man in den Durchschnitten des Halbmessers Os mit den Kreisen $n \pm \nu$ Tangenten zieht. Daher ist auch das der Normalen On' nähere Stück $tx' > ty'$. Bei völliger Gleichheit von tx' und ty' wäre aber $TV > TR$; der Umstand dafs $tx' > ty'$ wirkt daher auf Verminderung der Ungleichheit der Bögen TV und TR, d. h. der mittlere Farbenstrahl OT halbirt beim Austritt ziemlich genau den Zerstreuungswinkel und zwar offenbar um so genauer je *kleiner* ψ *und* ν, vorausgesetzt allerdings, dafs die Inci-

denz in gehörigem Abstand von extremen Incidenzen abstehe. Für ein Crownglasprisma (No. 9 Fraunhofer oben cit. Abh.) sey $\psi = 45°$ und man betrachte die Strahlen *D* und *F*. Hiefür ist $n_D = 1{,}5296$, $n_F = 1{,}5360$, woraus $n = 1{,}5328$ und $\nu = 0{,}0032$ folgt. Man nimmt nun den Ein- und Austrittswinkel für kleinste Ablenkung der mittleren Farbe $\alpha = 35° 54' 52''$. Den nach gleicher Richtung eintretenden Strahlen *D* und *F* entsprechen aber nach den strengen Formeln (*A*) die Austrittswinkel $35° 44' 30''$ und $36° 5' 16''$, deren Mittel $35° 54' 53''$ wenig von α abweicht. Die Formel (2) giebt $\zeta = 20' 47''$, während die Differenz der Austrittswinkel für *D* und *F* $= 20' 46''$ ist.

Handelt es sich darum die Brechungscoëfficienten einer Substanz für die Linien *B* bis *H* zu bestimmen, so ist wohl der einfachste Weg der, dafs man nicht die Linien selber, sondern die Mitte zwischen zwei auf einanderfolgenden auf kleinste Ablenkung stellt und die Ablenkungen δ und δ_1 der Linien mifst. Dann ist $\mu = \frac{1}{2}(\delta + \delta_1)$ die Minimumsablenkung der mittleren Farbe, $\zeta = \delta_1 - \delta$; n und ν berechnen sich dann mit Hülfe der Formeln

$$n = \frac{\sin\frac{1}{2}(\mu+\psi)}{\sin\frac{1}{2}\psi}, \quad \nu = \frac{1}{4}\zeta\frac{\cos\frac{1}{2}(\mu+\psi)}{\sin\frac{1}{2}\psi}.$$

Die zwei äufsersten Linien ausgenommen, erhält man so für jede Linie zwei Bestimmungen, deren Mittel wenig von der Wahrheit abweichen wird. Die Einstellung zweier Linien auf kleinsten Abstand wird sehr erleichtert durch zwei Fäden, welche vom mittleren Verticalfaden rechts und links gleich weit abstehen.

§. 8.

Von der Art wie ein gegebenes Prisma, für dessen Substanz man die den Fraunhofer'schen Hauptlinien entsprechenden Brechungscoëfficienten kennt, diese Linien bei einer gegebenen Incidenz in seinem Spectrum vertheilt, können wir uns nach dem Bisherigen ein recht anschauliches Bild machen. Man ziehe um *O* den Kreis 1 und die Kreise n_B, n_C, n_D ...; wir *nehmen* ferner an, eine der Linien z. B. *D stehe unter kleinster* Ablenkung. Der Punkt d in wel-

chem der Kreis n_D von einem zur Halbirungslinie des Prismenwinkels senkrechten Durchmesser dd' geschnitten wird, werde nach der Eintrittsnormalen auf Kreis 1 in S projicirt; dann ist SO die fragliche Incidenz. Die Projicirende Sd schneidet aber die übrigen Kreise n in Punkten b, c, e... Die diametralen, ebenfalls auf einer Geraden liegenden, Gegenbilder b', c', d'... dieser Punkte auf Kreis 1 nach der Austrittsnormalen projicirt, geben die Punkte B, C, D... und hiemit die Richtungen OB, OC, OD... nach welchen die gleichnamigen Linien erscheinen.

Im Gitterspectrum erscheinen die Linien in Abständen vom farblosen Hauptbilde, welche den Wellenlängen der betreffenden (oder genauer fehlenden) Farben proportional sind. Im prismatischen Spectrum influiren Prismenwinkel, Incidenz und die specifische Farbenzerstreuung der Substanz auf die Anordnung der Linien.

§. 9.

Die Fraunhofer'schen Linien müssen bei grofser Länge der Lichtspalte gekrümmt erscheinen. Denn einer geradlinigen der Prismenkante parallelen Spalte entspricht als Perspective auf Kugel 1, für O als Augpunkt, ein Bogenstück des durch SO senkrecht zum Normalschnitt gelegten Grofskreises. Die Projectionen dieses Bogenstücks nach On auf die Kugeln n_B, n_C... sind Stücke der Durchdringungscurven desselben elliptischen Cylinders mit den Kugeln n und wenden ihre Höhlung gegen On. Aber die Gegenbilder der Projectionen, somit auch die Projectionen der Gegenbilder auf Kugel 1 nach On', kehren ihre Convexität gegen On'.

§. 10.

Ein kleines Prisma bei O (Fig. 6 Taf. II) werde von der Sonne selbst bestrahlt; wir fragen nach der Breite des Spectrums. In der Figur sey SO der von der Sonnenmitte kommende Strahl, $LOL' = 2\sigma$ der scheinbare Durchmesser der Sonne. Wir projiciren den Umfang der Kugelhaube LsL' nach On auf die Kugeln n, $n \pm \nu$ in $\lambda\lambda'$, vv', rr', und bestimmen deren Gegenbilder. Die äufsersten

Punkte ϱ und φ' dieser Gegenbilder auf Kreis 1 projicirt, erhält man die Breite $R'V' = \zeta'$ des Sonnenspectrums. Beziehen sich nun die Winkel α, β, β_1, α_1 auf den mittleren Strahl, so hat man vorerst die nahe richtige Relation

$$LL' \cos\alpha = \lambda\lambda' \cos\beta,$$

woraus

$$\lambda\lambda' = 2\sigma \frac{\cos\alpha}{\cos\beta} = \mu\mu'.$$

Ferner ist nahe

$$xy = \frac{2\nu}{\cos\beta} = 2\mu\varrho = 2\mu'\varphi'.$$

Projicirt man endlich $V'R'$ und das Liniensystem $\varrho\mu\mu'\varphi'$ auf die Austrittsfläche, so kommt die mäfsig genaue Relation

$$V'R' \cos\alpha_1 = 2\sigma \frac{\cos\alpha \cdot \cos\beta_1}{\cos\beta} + 2\nu \frac{\sin\psi}{\cos\beta},$$

woraus

$$\zeta' = 2\nu \frac{\sin\psi}{\cos\beta \cdot \cos\alpha_1} + 2\sigma \frac{\cos\alpha \cdot \cos\beta_1}{\cos\beta \cdot \cos\alpha_1}.$$

Für kleinste Ablenkung des Mittelstrahls wird aber

$$\zeta' = \frac{4\nu}{n} \operatorname{tang} \tfrac{1}{2}(\mu+\psi) + 2\sigma = \zeta + 2\sigma. \quad (\S.\ 7.\ 2.)$$

Der Achromatismus.

§. 11.

In ein erstes Prisma z. B. von Crownglas seyen längs SO (Fig. 6 Taf. II) zwei Farbenstrahlen von den Brechungscoëfficienten $n \pm \nu$ eingefallen und verlassen dasselbe nach den Richtungen OR und OV. Man fange die letzteren Strahlen durch ein zweites Prisma von anderer Substanz, z. B. Flintglas, und anderem überdiefs entgegengesetzt gestelltem brechendem Winkel ψ_1 auf, und verfolge die Farbenstrahlen bis zum Austritt. Zu diesem Zwecke beschreiben wir in Fig. 7 um O drei Kreise, den ersten mit dem Halbmesser 1, die zwei andern mit den Halbmessern Or und Ov, welche den Brechungscoëfficienten derselben Farben für's *zweite Prisma* entsprechen. Die Strahlen RO, *VO seyen bei beliebiger* Stellung des zweiten Prisma be-

ziehungsweise parallel den gleichnamigen Strahlen der Fig. 6 Taf. II. Projicirt man nun nach der Eintrittsnormalen On den Punkt R auf Kreis Or in r, den Punkt V auf Kreis Ov in v, zieht die Durchmesser rr' und vv', bestimmt endlich die Projectionen von r' und v', auf Kreis 1 nach der Austrittsnormalen On', so sind OR' und OV' die Richtungen der Farbenstrahlen nach dem Durchgang durch's zweite Prisma.

Man ersieht aber sofort die Möglichkeit, dafs beide Strahlen nach derselben Richtung austreten; denn wäre die Verbindungslinie der Punkte r und v, und folglich auch die Strecke $r'v'$ parallel der Austrittsnormalen, so entspräche den Punkten r' und v' nur *eine* Projection auf Kreis 1; und es ist einleuchtend, dafs diefs entweder durch Drehung des zweiten Prismas gegen das erste, oder bei gegebener Lage der einander zugewandten Flächen der Prismen durch passende Wahl des Brechungswinkels des zweiten Prisma im Allgemeinen immer erreicht werden kann.

Zum Behuf der Verfolgung der Strahlen durch Rechnung erinnern wir vorerst daran, dafs wenn wir den längs SO (Fig. 6 Taf. II) einfallenden Strahlen einen dritten von mittlerem Brechungscoëfficienten beigesellen, dieser nach dem Austritt aus dem ersten Prisma ziemlich die Mitte hält zwischen OR und OV (§. 7). Dasselbe gilt daher auch von dem Strahl TO in Fig. 7 Taf. II. Aber vermöge der von Mittel zu Mittel verschiedenen Farbenzerstreuung wird diesem Strahle TO im zweiten Prisma nicht ein Berechnungscoëfficient entsprechen, welcher genau das Mittel ist zwischen den Berechnungscoëfficienten der betrachteten Farbenstrahlen im zweiten Prisma. Der zum Mittelstrahl gehörige Kreis wird daher auch nicht genau mitten zwischen den Kreisen Or und Ov liegen; und wenn man T nach On auf diesen Kreis projicirt, so wird die Projection im Allgemeinen nicht mit rv in einer Geraden liegen.

Trotzdem werden wir uns nicht zu sehr von der Wahrheit entfernen, wenn wir annehmen, die Projection t von T auf die Strecke rv liege so ziemlich auf einem Kreise, des-

sen Halbmesser n_1 das Mittel ist aus den Halbmessern Or und Ov, so dafs, wenn $2\nu_1$ deren Differenz ist, diese Halbmesser selber $n_1 \pm \nu_1$ werden. Die Gerade tO ist dann ziemlich nahe die Richtung des gebrochenen Mittelstrahls und wenn wir durch Punkt t', der mit t diamentral auf dem mittleren Kreise liegt, die Gerade $r'v' \# rv$ ziehen und r', t', v' auf Kreis 1 projiciren, so sind $OR' : OV'$ die Richtungen der äufseren Farbenstrahlen, während OU ziemlich nahe die Richtung des Mittelstrahls ist.

Die Gröfsen $\alpha_2, \beta_2, \alpha_3, \beta_3, \psi_1 \ldots$ haben für das zweite Prisma dieselbe Bedeutung wie die analogen Gröfsen in den Gleichungen §. 7 *A*. Wir haben alsdann für den Mittelstrahl im zweiten Prisma die Gleichungen

$$(B) \quad \sin\alpha_2 = n_1 \sin\beta_2, \quad \beta_2 + \beta_3 = \psi_1, \quad \sin\alpha_3 = n_1 \sin\beta_3,$$
$$\delta_1 = \alpha_2 + \alpha_3 - \psi_1, \quad \Delta = \delta - \delta_1,$$

wo Δ die Ablenkung des Mittelstrahls nach dem Durchgang durch beide Prismen ist.

Bezeichnet man ferner den Winkel rtO, welchen rv mit Ot macht, durch τ, so liefert die linke Seite der Figur die genäherten Relationen

$$(C) \quad vr \cdot \cos\tau = 2\nu_1, \quad vr \cdot \sin(\tau + \beta_2) = VR \cos\alpha_2,$$

wozu nach §. 7 (1) noch die Gleichung kommt:

$$VR = \zeta = \frac{2\nu}{\cos\beta} \cdot \frac{\sin\psi}{\cos\alpha_1}.$$

Diese drei Gleichungen bestimmen für eine gegebene Incidenz im ersten Prisma und eine gegebene gegenseitige Stellung der einander zugewandten Prismaflächen die Gröfsen vr und τ.

Die rechte Seite der Figur giebt aber, wenn $R'V' = \xi$ gesetzt wird und wenn man bemerkt, dafs auch $r't'O = \tau$ ist,

$$v'r' \cdot \sin(\tau - \beta_3) = \xi \cos\alpha_3,$$

woraus, da nach (C) $v'r' = vr = \frac{2\nu_1}{\cos\tau}$, folgt

$$(1) \quad \xi = \frac{2\nu_1}{\cos\tau} \cdot \frac{\sin(\tau - \beta_3)}{\cos\alpha_3}.$$

selben Richtung SO (Fig. 6 Taf. II) ins erste Prisma eingetreten waren, verlassen das zweite Prisma als parallele Strahlen.

Verbinden wir daher die Bedingung $\tau = \psi_1 - \beta_2$ mit den Gleichungen (C) und ersetzen daselbst β durch $\psi - \beta$, so kommt als Bedingung des parallelen Austritts aus dem zweiten Prisma

$$(2) \quad \frac{\nu \sin\psi}{\cos\alpha \cos(\psi - \beta_2)} = \frac{\nu_1 \sin\psi_1}{\cos\alpha_2 \cos(\psi_1 - \beta_2)}.$$

Diese Relationen verbunden mit den Gleichungen (A) und (B) würden also für zwei gegebene entgegengesetzte Prismen diejenige Incidenz α und diejenige Stellung der zugewandten Prismenflächen bestimmen, für welche $\zeta = o$ werden kann.

Ist aber nur eins der Prismen, z. B. n, ν, ψ gegeben, so dient dasselbe System von Gleichungen, um für ein zweites, für das n und ν bekannt sind, den Winkel ψ_1 zu bestimmen, welcher für eine gegebene Incidenz $\zeta = o$ macht. Eine ernstliche Theorie des Achromatismus von zwei Prismen müfste aber offenbar darauf ausgehen, Incidenz und Prismenwinkel so zu bestimmen, dafs nicht blos die fraglichen Strahlen parallel austreten, sondern dafs auch für andere passend gewählte Strahlen die Abweichung von den ersteren möglichst klein ausfalle.

Gewöhnlich begnügt man sich über die Incidenz in passender Weise zu verfügen. Man nimmt z. B. an, der mittlere Strahl stehe in beiden Prismen unter kleinster Ablenkung: dann findet man

$$(3) \quad \frac{\nu \sin\frac{1}{2}\psi}{\sqrt{1 - n^2 \sin^2\frac{1}{2}\psi}} = \frac{\nu_1 \sin\frac{1}{2}\psi_1}{\sqrt{1 - n_1^2 \sin^2\frac{1}{2}\psi_1}}.$$

Die zugewandten Prismaflächen als parallel vorausgesetzt, also $\alpha_2 = \alpha_1$, $n \sin\beta_1 = \sin\alpha_1 = n_1 \sin\beta_2$, findet man

$$(4) \quad \frac{1}{\nu}\left[\cot\psi \sqrt{1 - \left(\frac{\sin\alpha_1}{n}\right)^2} + \frac{\sin\alpha_1}{n}\right] = \frac{1}{\nu_1}\left[\cot\psi_1 \sqrt{1 - \left(\frac{\sin\alpha_1}{n_1}\right)^2} + \frac{\sin\alpha_1}{n_1}\right].$$

Bei kleinen Prismenwinkeln kann man $\alpha_1 = o$ annehmen, wodurch man erhält

$$\nu \operatorname{tang} \psi = \nu_1 \operatorname{tang} \psi_1.$$

Es ist aber wohl besser über α_1 in der Art zu verfügen, dafs in einem der Prismen, z. B. dem ersten, das mittlere Licht unter kleinster Ablenkung steht. Dann ist $\sin \alpha_1 = n \sin \frac{1}{2}\psi$ und die Formel (4) wird zu folgender:

$$(5) \quad \operatorname{tang} \psi_1 = \frac{2 \sin \frac{1}{2}\psi \sqrt{1 - \left(\frac{n}{n_1} \sin \frac{1}{2}\psi\right)^2}}{\frac{\nu_1}{\nu} - 2 \frac{n}{n_1} \sin^2 \frac{1}{2}\psi}.$$

Für ein Paar achromatischer Prismen des hiesigen Cabinets, wahrscheinlich aus dem Merz'schen Institute, habe ich mit zu Grundlegung der Linien D und F gefunden

für Crown $n = 1{,}52866$, $\nu = 0{,}00312$,
für Flint $n_1 = 1{,}64427$, $\nu_1 = 0{,}00670$.

Die Prismenwinkel sind $\psi = 45^\circ\,5'$, $\psi_1 = 21^\circ\,5'$. Die Formel (5) giebt für diesen Fall $\psi_1 = 20^\circ\,57'\,58''$. Die im Sinne des Crownprismas übrig bleibende Ablenkung ist nach Rechnung und Beobachtung $\Delta = 11^\circ\,32'$.

Dafs man bei Anwendung gleicher Substanz für beide Prismen, wo also für jedes Farbenintervall $n = n_1$ und $\nu = \nu_1$ ist, den Achromatismus nur durch $\psi_1 = \psi$ erreichen kann, zeigen die Ausdrücke (3) und (4); dann verschwindet aber die Ablenkung.

Einfachste Fälle der Doppelbrechung.

§. 12.

Die ebene Gränzfläche OT (Fig. 8 Taf. II) eines einachsigen Krystalls sey parallel der optischen Achse, die Einfallsebene SON eines beliebigen Strahls stehe senkrecht zur Achse. Nach den Principien der Wellenlehre erhält man nun die Richtungen Oo und Oe des ordinären und extraordinären Strahls durch folgende Constructionen: aus O beschreibe man drei Kreise, den ersten mit einem Halbmesser A, welcher der Geschwindigkeit des Lichts in

der Luft entspricht, den zweiten und dritten mit den Halbmessern a und c, wovon der erstere der Geschwindigkeit des ordinären, senkrecht zur optischen Achse schwingenden Lichts, der letztere der Geschwindigkeit des extraordinären parallel der optischen Achse schwingenden Lichts im Krystall entspricht. In der Figur ist ein negativer Krystall wie Doppelspath vorausgesetzt und die Schwingungsrichtungen sind an Kreis a durch Striche, an Kreis c durch Punkte angedeutet. Man verlängere nun SO bis zum Kreis A in Q, ziehe daselbst die Tangente QT bis an die Gränzfläche und ziehe von T die Tangenten To, Te an die Kreise a und c, oder man beschreibe zur sofortigen Bestimmung der Berührungspunkte o und e einen Halbkreis über OT; Oo und Oe sind die zu SO gehörigen Richtungen des ordinären und extraordinären Strahls.

Setzt man $\angle SON = OTQ = \alpha$, $\angle oON' = OTo = \omega$, $\angle eON' = OTe = \eta$, so bestehen nach der Figur die Relationen:

$$OT \sin\alpha = A, \quad OT \sin\omega = a, \quad OT \sin\eta = c,$$

woraus durch Elimination von OT die folgenden Ausdrücke erhalten werden:

$$a \sin\alpha = A \sin\omega, \quad c \sin\alpha = A \sin\eta, \quad c \sin\omega = a \sin\eta.$$

Die Bedeutung der zwei ersten Gleichungen ist aber folgende: projicirt man die Schnittpunkte L und M des verlängerten SO mit den Kreisen a und c auf Kreis A in l und m, so ist l ein Punkt des ordinären, m ein Punkt des extraordinären Strahls, oder auch die Projection lm der Strecke $LM = c - a$ auf Kreis A mifst und bestimmt auf diesem Kreise den Bifurcationswinkel. Sind l_0 und m_0 die Projectionen der Punkte a und c auf Kreis A, so ist $l_0 Om_0$ die gröfstmögliche, der streifenden Incidenz entsprechende Trennung der beiden Strahlen.

Die dritte Gleichung besagt: der Schnittpunkt ω des ordinären Strahls mit Kreis c liegt mit dem Schnittpunkt η des extraordinären Strahls und des Kreises a auf einer Parallelen mit dem Einfallsloth, oder sie gehören als Projec*tionen auf diesen* Kreisen zusammen.

Es ist einleuchtend, dafs wir auch die hier im unteren Quadranten links gemachten Constructionen in den oberen rechts verlegen könnten und das ist in §. 1 geschehen. Diese Verlegung ist namentlich dann zu empfehlen, wenn man das Licht, bei seinem Gang durch ein doppelbrechendes Prisma verfolgen wollte. Um die Zahl der Figuren nicht zu häufen, unterlassen wir aber eine Ausführung dieses ohnehin einfachen Falls.

§. 13.

Die optische Achse des Krystalls falle nun mit der Normalen ON der Eintrittsfläche zusammen, Fig. 9 Taf. II. Die Gröfsen A, a, c haben dieselbe Bedeutung wie in §. 12. Um nun für einen beliebigen Strahl SO den ordinären Oo und den extraordinären Oe zu finden, verlängere man wieder SO bis an Kreis A in Q, lege daselbst die Tangente QT an und ziehe aus T Tangenten To und Te an Kreis a und an die über a und c als Halbachsen beschriebene Ellipse ca. Die Berührungspunkte o und e geben mit O verbunden die gesuchten Richtungen.

Der Halbkreis über OT schneidet Kreis o in a und einen mit Halbmesser c beschriebenen Hülfskreis cc' in einem Punkte q; dieser letztere steht aber sammt dem auf Kreis a liegenden Punkte p des Halbmessers Oq in einer sehr einfachen Beziehung zum Ellipsenpunkte e: es ist nämlich, wie man weifs, e der Durchschnitt zweier durch p und q parallel Oc und Oa gezogenen Geraden.

Es sey nun $\angle SON = OTQ = \alpha$, $\angle N'Oo = OTo = \omega$, $\angle N'Oq = OTq = \varphi$, $\angle N'Oe = \eta$; dann giebt die Figur folgende Gleichungen:

$$OT\sin\alpha = A,\quad OT\sin\omega = a,\quad OT\sin\varphi = c,$$
$$Oe\cos\eta = a\cos\varphi,\quad Oe\sin\eta = c\sin\varphi.$$

Aus den ersten drei folgt:

$$a\sin\alpha = A\sin\omega,\quad c\sin\alpha = A\sin\varphi,\quad a\sin\varphi = c\sin\omega,$$

d. h. die Punkte L und l, M und m, p und ω liegen je auf einer Parallelen mit ON'. Hat man daher durch Projection der Strecke LM auf Kreis A die Punkte l und m bestimmt, so ziehe man Ol und Om; die erstere Gerade

ist der ordinäre Strahl selbst; die letztere schneidet die Kreise a und c in den Punkten p und q, mit welchen der Punkt e in der bekannten Beziehung steht.

Man kann aber auch noch auf kürzerem Wege einen Punkt des extraordinären Strahles finden. Die zwei letzteren der obigen fünf Relationen geben durch Elimination von Oe

$$a \operatorname{tang} \eta = c \operatorname{tang} \varphi.$$

Legt man daher in a und c' Tangenten an die Kreise a und c, so liegt der Schnittpunkt η der ersten Tangente mit dem extraordinären Strahl, und der Schnittpunkt ϑ der zweiten Tangente mit dem Hülfsradius Om auf einer Parallelen mit ON'. Geht man daher von m zuerst gegen O bis ϑ und von ϑ parallel ON' bis η, so ist $O\eta$ ebenfalls der extraordinäre Strahl.

Der Zusammenhang zwischen den Richtungen des ordinären und extraordinären Strahls wird aber am Einfachsten erkannt, wenn man die Strecke $p\vartheta$ des Hülfsradius Om ins Auge fafst: projicirt man nämlich p auf Kreis c in ω, ϑ auf die Tangenten an a in η, so sind $O\omega$ und $O\eta$ zusammengehörige Richtungen. Man mufs sich aber in Acht nehmen die Zförmige Figur $\omega p \vartheta \eta$ in Gedanken weiter zu bewegen als erlaubt ist; die äufserste Stellung, welche m einnehmen kann, ist nämlich die Projection des Punkts c auf Kreis A.

Es ist nicht undenkbar, dafs auch complexere Fälle der Doppelbrechung sich in ähnlicher Weise zu einfacher Anschauung bringen lassen. Die Wellenlehre giebt ihre Resultate zunächst in einer Form, welche vom mechanischen Standpunkte nichts zu wünschen übrig läfst; aber die weitere Aufgabe, diese Resultate in eine unserer Anschauung möglichst zugänglichen Sprache zu übersetzen, ist wie ich glaube bisher nicht ernstlich genug verfolgt worden.

Tübingen, 9. Februar 1862.

IV. *Ein Diffusionsversuch;* *von Prof. H. Hoffmann in Gieſsen.*

Die folgenden Versuche haben den Zweck, die neuerdings erworbene Kenntnifs von dem einseitigen Strome, welchen Gummi im endosmotischen Apparate von Seiten des Wassers hervorruft [1]), in dem Sinne zu verwerthen, dafs dadurch die noch immer räthselhafte Erscheinung des Blutens der Rebe und die analogen Phänomene in einer demonstrativen Weise dargestellt und in einer das Wesentliche des Phänomens beleuchtenden Art nachgeahmt werden sollten. Es wurde hierzu eine wässerige Lösung von arabischem Gummi von verschiedener Concentration benutzt; als endosmotische Membranen dienten englisches Pergamentpapier von verschiedener Stärke, frischer Herzbeutel vom Kalbe und trocken aufbewahrte Schweinsblase, oder eine Combination derselben unter einander. Die beifolgende Abbildung zeigt die Einrichtung und Beschaffenheit des Apparates.

Die Concentration der Gummilösung anlangend, so ist zum voraus zu bemerken, dafs die Kraft, mit welcher die Lösung das Wasser durch eine Membran aufsaugt, der Concentration derselben nahezu proportional scheint; zäher, fadenziehender Gummischleim, wie man ihn durch Auflösung von 1 Loth (hess. d.) trockenen Gummis in 1 p. Cub. Zoll Wasser erhält, zeigt die Erscheinung in ausgezeichneter Energie. Die Mehrzahl der Versuche wurde mit einer dünnflüssigen Lösung (1 Loth Gummi auf 2 Cub. Zoll Wasser) ausgeführt. Aber auch die verdünnteste Lösung des

1) Vgl. Hofmeister in Flora 1858, No. 1. — Eckhard, Beiträge zur Anat. u Physiol. 1862, 3. Band S. 51 ff. — Die Untersuchungen von Graham, welche Aehnliches ergaben, sind mir nur aus dem Referate in Schmidt's Jahrb. f. d. ges. Med. 113, 1862. No. 3 bekannt.

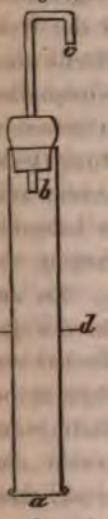
Gummi, ein Gummiwasser, dessen specifisches Gewicht kaum von dem des Wassers verschieden ist, zeigt die Erscheinungen noch mit vollster Deutlichkeit; was deshalb von besonderem Interesse ist, weil die Thränenflüssigkeit der Reben ebenfalls von ungemein geringer Dichtigkeit ist. Uebrigens mufs hier daran erinnert werden, dafs diese letztere Flüssigkeit keine Lösung von Gummi, sondern von einer schleimartigen Substanz ist. Wenn die Thränenflüssigkeit der Rebe bei trockenem Wetter auf einem horizontal abgeschnittenen Rebenzweige durch Verdunstung sich concentrirt, so stellt sie bekanntlich einen etwas opalisirenden Schleimtropfen dar, mittelst dessen man Papierstücke nicht aneinander kleben kann. Aber Hofmeister's Versuche haben gezeigt, dafs die aus geraspelten Rebenwurzeln direct extrahirte organische Substanz sich, wenigstens im endosmotischen Apparate, gerade so verhält, wie eine Gummilösung, oder eine Mischung von aufquellenden Stoffen (wie Tragantschleim oder Pektin) mit sehr wenig Gummi, und es ist auch sonst bekannt, dafs der Pflanzenschleim in seinem endosmotischen Verhalten keine wesentliche Verschiedenheit von einer Gummilösung darbietet [1]); so dafs ein Rückschlufs aus unseren Versuchen auf die Phänomene der blutenden Rebe wohl gestattet ist.

Die erwähnten Membranen, welche zu den Versuchen dienten, sind in ihrem Verhalten ungleich; mit der gröfsten Raschheit trat das Wasser durch die von mir gebrauchten zwei Sorten von Pergamentpapier, während Schweinsblase und Kalbsherzbeutel demselben einen weit gröfseren Widerstand entgegensetzten; beide letzteren stehen sich unter einander ziemlich gleich. Für eine längere Fortsetzung der Versuche verdient der Herzbeutel den Vorzug, indem derselbe weit weniger leicht fault und stinkend wird, als die Schweinsblase.

1) Ich habe dieſs bezüglich des Schleims der Quittensamen selbst versucht, und einen starken Strom vom Wasser nach dem Schleime beobachtet.

1. Versuche mit einfacher Membran.

Fig. 1.



Füllt man die Röhre *a b* Fig. 1 mit einer Gummilösung von beliebiger Concentration, nachdem dieselbe bei *a* mittelst einer der genannten Membranen verschlossen worden, und senkt dieselbe, zur Vermeidung des hydrostatischen Druckes, nur auf eine kurze Strecke (bis *d*) in Wasser, so beginnt die Gummilösung nach kurzer Zeit zu steigen und tritt in die mittelst eines durchbohrten Korkes eingelassene Röhre *b* um sodann wenige Stunden später (je nach der Länge der aufgesetzten engen Röhre) bei *c* auszutropfen. Die Vermischung der Gummiflüssigkeit mit dem aufgesogenen Wasser ist hierbei eine durchaus gleichmäfsige, das Wasser durchdringt dieselbe überall in demselben Verhältnifs, und die aus *c* hervorquellenden Tropfen sind ebenso stark klebend, wie die in der Röhre *a b* befindliche Flüssigkeit. Bei einem Apparate von der doppelten Gröfse unserer Abbildung, wo dicker, fadenziehender Gummischleim, und als endosmotische Membran Pergamentpapier angewandt worden war, betrug die Menge der abtropfenden Flüssigkeit binnen 24 Stunden einen halben Theelöffel voll.

Bei einem Versuche mit sehr verdünntem Gummiwasser und Pergamentpapier begann das Uebertropfen schon nach wenigen Stunden und setzte sich durch 4 Tage ununterbrochen fort; alsdann begann die Flüssigkeitssäule langsam zurückzusinken, erreichte aber erst nach 10 Tagen ihre ursprüngliche Höhe wieder. Es ist hieraus zu schliefsen, dafs diese Membran nur sehr langsam macerirt und durch Fäulnifs zerstört wird.

Wenn die noch immer sehr verbreitete Ansicht richtig wäre, dafs der Frühlingssaft in den Bäumen innerhalb der *Gefäfse* aufstiege, welche ein System continuirlicher Röhren darstellen, so hätten wir in dem geschilderten Versuche ein einfaches Bild der physikalischen Vorgänge bei jenem Processe. *Die Membran a* würde der aufsaugenden Peri-

pherie der Wurzelspitzen entsprechen, von welchen nachgewiesen ist, dafs auf ihrer Druckkraft und Unverletztheit wesentlich die Hauptwirkung des Saftsteigens bei der Rebe beruht [1]); c aber würde die angeschnittene Oberfläche eines Zweiges darstellen, aus welcher die Thränen hervorquellen. Allein dem ist nicht so. Um nur an Einiges zu erinnern, so habe ich bereits vor Jahren (vergl. Bot. Zeitung 1850, S. 818) nachgewiesen, dafs die Gefäfse der Pflanzen, auch der krautartigen, nur ausnahmsweise und in ganz besonderen Fällen Flüssigkeiten führen, natürlich abgesehen von der Zeit ihrer ersten Entstehung und Ausbildung. Zu diesen ausnahmsweisen Fällen gehört nun aber nicht der Zustand, in welchem sich eine blutende Rebe jedesmal und bei trockener wie bei nasser Witterung im Frühjahre befindet. Ich zeigte nämlich an der angegebenen Stelle, dafs bei der Aufnahme durch die unverletzten Wurzeln eine sehr schwache wäfsrige Lösung von Blutlaugensalz nur dann in den *Gefäfsen* nachgewiesen werden kann, wenn nach mehreren Tagen fortgesetzter Trocknifs die nun im Abwelken begriffene Pflanze plötzlich mit einer übermäfsigen Menge der genannten Flüssigkeit begossen wird; natürlich mit der Vorsicht, dafs ausschliefslich die Wurzeln die Flüssigkeit aufnehmen können. So beim Kürbifs, bei *Euphorbia terracina* usw. Unter *gewöhnlichen* Verhältnissen dagegen schreitet die Flüssigkeit mit strenger Vermeidung der Gefäfse zunächst und vorzüglich in den die Gefäfse begleitenden zarten Prosenchymzellen vorwärts. Unger hat bezüglich der durch ihre tropfenden Blattspitzen so merkwürdigen *Colocasia* auf einem ganz anderen Wege, nämlich mittelst Injection von rothgefärbter Leimlösung, gleichfalls gefunden, dafs niemals die Gefäfse den Saft leiteten. (Vgl. Sitzungsberichte der Wien. Akad. 1858, Bd. 28 No. 2 S. 111 u. 129.) Hartig giebt bezüglich der Holzpflanzen zur Zeit des Frühlingssaftes dasselbe an, die Gefäfse seyen an dem blutenden Baume frei von Flüssigkeit. (Vgl. Botan.

1) Dassen hat gezeigt, dafs Reben mit abgeschnittenen Wurzelspitzchen *nicht bluteten.* (Froriep's N. Notiz, 1847, No. 3, S. 35.)

Zeitung 1858 S. 370; 1859 S. 100; ferner 1853 S. 311.) Ebenso giebt Schleiden an: dafs bei der blutenden Rebe die Gefäfse nur Luft enthalten (Grundzüge d. Botanik ed. 2, II, 512.) Theils um noch einen Versuch zu machen, ob es nicht möglich wäre, die verbreitete irrige gegentheilige Ansicht endlich doch zu verdrängen, theils auch um mir selbst bezüglich der Rebe, auf welche meine früheren Versuche sich nicht erstreckt hatten, jeden möglichen Zweifel zu benehmen, habe ich im letzten Frühling, gleichzeitig mit den hier geschilderten Diffusionsexperimenten, die Rebe während der ganzen Zeit ihres Blutens einer fortgesetzten und sorgfältigen Untersuchung unterworfen. Das Wetter war während dieser Zeit meist trocken, der Boden feucht, auch an vorübergehenden Regengüssen fehlte es nicht; das Bluten aber findet auch bei anhaltend trockener Witterung statt, kann also schon deshalb nicht von einer etwaigen durch den Regen veranlafsten momentanen Ueberfluthung der Gefäfse abhängig seyn. Das Resultat dieser Beobachtungen war folgendes.

An einem Rebstocke, welcher 8 Tage vorher in üblicher Weise beschnitten worden war, wurde, als dann ein lebhaftes Thränen begonnen hatte, die Erde über den Wurzeln mit einer grofsen Menge einer verdünnten Lösung von Blutlaugensalz begossen. Von da an wurde anfangs täglich, dann in zwei-, drei und mehrtägigen Zwischenräumen jedesmal ein Zweig abgeschnitten und die Schnittwunde sofort mit einer Lösung von Eisensulphat bestrichen. Dieser Zweig wurde dann in viele Stücke mittelst Quer-, Schief- und Längsschnitten zerlegt und jeder Anschnitt ebenso behandelt. Vierundzwanzig Stunden später wurden von den mittlerweile trocken gewordenen Schnittflächen zarte Abschnitte für die mikroskopische Betrachtung angefertigt und diese alsdann nach Benetzung mit Weingeist untersucht. Eine mehr oder weniger intensive Blaufärbung gewisser Partien, welche schon einige Minuten nach der Benetzung mit Eisensulphat sichtbar geworden, war hier nun in voller *Deutlichkeit zu erkennen*. In andern Fällen wurden

die Abschnitte ganz frisch untersucht. Es fand sich hierbei ohne Ausnahme, dafs die Gefäfse (quergestreifte Spiroiden), niemals einen blau gefärbten Inhalt einschlossen, also auch keinen Saft geleitet hatten, dafs dieselben vielmehr Luft führten. Es sind dieselben hier von so bedeutender Gröfse, dafs man, namentlich auf trocken gewordenen Schiefsschnitten, dieselben schon mittelst der Lupe mit der gröfsten Leichtigkeit von den übrigen Structurelementen unterscheiden kann; indem in Folge des Austrocknens die zellige Holzmasse sich durch ungleiches Zusammenschrumpfen von den Gefäfsen eine Strecke weit zurückzieht. Dagegen zeigen sich blau injicirt die *Prosenchym*zellen und *Parenchym*zellen, zumal *in der Nähe des Bastes* (aufserhalb und innerhalb desselben), ferner die *gestreckten* Zellen an denselben Stellen; dann die Parenchymzellen innerhalb der Markscheide (also die *äufserste Markschicht*) und zwar mit Ausschlufs der abrollbaren Spiralen; endlich die *Markstrahlen*, und zwar bald auf weite Strecken continuirlich, bald gruppenweise isolirt (je nach dem Verlaufe des Schnittes), während die eigentlichen Bastzellen ganz oder fast ganz farblos erscheinen, also nicht betheiligt sind. Sehr gewöhnlich sind die mit Berlinerblau strotzend gefüllten Zellen sehr reich an Stärkemehl, wodurch also abermals bestätigt wird, was ich in der oben citirten Arbeit bereits früher nachgewiesen habe, dafs die Bewegung des rohen Saftes aufwärts und die des verarbeiteten Saftes abwärts, aus welchem die Stärkekörner niedergeschlagen werden, in einen und denselben Elementarorganen und Systemen vor sich geht. — Bei der Betrachtung mit der *Lupe* erscheint hiernach der Zweig im *Längsschnitt* ganz äufserlich mit einem dunkelblauen Längsstreif versehen; welcher die Gegend der Cambialschicht und Innenrinde einnimmt; ein ähnlicher, zarterer blauer Streif findet sich an der Gränze des Markes; aufserdem sind, namentlich bei stärkeren Aesten, an denen die Epidermis seit lange verschwunden ist, bei länger fortdauernder Aufnahme der Flüssigkeit auch inmitten des *eigentlichen Holzkörpers* hier und da zarte blaue Längslinien

zu bemerken, welche auch hier bei mikroskopischer Untersuchung sich als Holzparenchym und Holzprosenchym ausweisen. Auf dem *Querschnitte* sieht man mit der Lupe ganz aufsen einen nach aufsen und innen dunkelblauen Ring (Cambiumgegend, auf trocknen Querschnitten sonst grün erscheinend); einen ähnlichen, zarteren Ring in der Peripherie des Markes; zahllose blaue Radiallinien (die stärkereichen Markstrahlen) letztere namentlich deutlich nach längere Zeit fortgesetzter Aufsaugung der Salzlösung und bei dickeren Aesten. Alles Uebrige ist zu undeutlich, um bei dieser Vergröfserung erkannt werden zu können. Aber soviel sieht man unzweifelhaft, dafs nach einer gröfseren Reihe von Tagen auch die ganze Holzmasse sich bläulich gefärbt, also Saft geleitet hat. Das Mikroskop weist nach, dafs diese Blaufärbung der Holzmasse durch die Injection der sehr engen, die Tracheen begleitenden Prosenchymzellen, zum Theil auch des Holzparenchyms, veranlafst wird. Bei ähnlich behandelten jungen Ahornstämmen (*Acer platanoides*), bei welchen die Periode des Blutens bereits vorüber war und die Knospen trieben, war das Ergebnifs ähnlich; doch ist hier die Untersuchung, mit der Lupe wenigstens, schwieriger, weil die Gefäfse feiner, das ganze Gewebe weit weniger locker ist. Folgendes ist das Bild eines Zweiges (Adventivsprofs aus einem Ahornstumpfe) von 4 Lin. Durchmesser, wie es sich, 8 Tage nach der Begiefsung, auf dem Längsschnitte darstellte. Der *innere Theil der Rinde*, sowie, in geringerer Stärke, der *äufserste Theil des Markes* sind blau. Dort sind es, nach Ausweis der mikroskopischen Untersuchung, die stärkefreien, anscheinend schleimhaltigen, gestreckten oder Parenchymzellen des innersten Rindentheils in der Umgebung des Bastes, während dieser selbst unbetheiligt bleibt; in der Peripherie des Markes ist es eine schmale Schicht stärkeführender Parenchymzellen, kleiner und mehr abgerundet, als die auf dieser Lebensstufe noch nicht abgestorbenen, stärke*freien* Zellen des übrigen Markes. In diesem selbst sieht man nur *vereinzelte blaue Striche*, von sporadisch injicirten Mark-

zellenreihen herrührend. Holz, Gefäfse und Markstrahlen sind, wenigstens zu dieser Zeit und nach dieser Versuchsdauer, gänzlich unbetheiligt bei der Saftleitung. — Wenn hiernach das Uebersteigen des Frühlingssaftes in der Rebe *nicht* durch ein System *communicirender* Röhren vermittelt wird, da der Saft in einem Systeme geschlossener Zellen strömt, so kann diese Erscheinung auch nicht durch den sub I geschilderten Diffusionsversuch erklärt werden. Immerhin scheint dieser doch ganz geeignet, gerade die hauptsächlichste Eigenthümlichkeit des Verhaltens des Gummi zu Wasser in augenfälligster Weise darzulegen, nämlich den auf andere Weise bereits festgestellten *einseitigen* Strom. Denn während bei einer Salzlösung eine gewisse Menge von Salz rückwärts durch die Membran aus dem endosmotischen Apparat an das Wasser tritt, und so zuletzt, unter Zurücksinken des inneren Fluidums, ein Zustand des hydrostatischen wie specifischen und chemischen Gleichgewichts eintritt; so ist dieſs eben hier nicht der Fall, es tritt kein Gummi durch die Membran nach aufsen, es findet kein Gleichgewicht oder gar Zurücksinken der Gummilösung statt, so lange die Membran nicht durch Fäulnifs zersetzt und aufgelockert ist. Man kann hiernach im jetzt üblichen Sinne des Wortes das ganze geschilderte Phänomen eigentlich nicht als eine Diffusionserscheinung betrachten, und würde vielleicht zur Vermeidung von Verwirrung gut thun, dasselbe als eine bloſse *Quellung* zu bezeichnen; ein Ausdruck, welcher bei dem offenbar analogen Verhalten des Quittenschleims und anderer Pflanzenschleime gegen Wasser eine unzweifelhafte und in die Augen fallende Berechtigung hat.

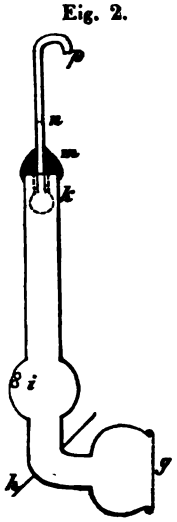
Es stellt sich hiernach die Aufgabe, den Versuch in einer solchen Weise zu modificiren, dafs mindestens zwei (oder wo möglich noch mehrere) Membranen bei dem endosmotischen Apparate angewandt werden, um die trennenden Querwände der saftleitenden gestreckten und Prosenchymzellen nachzuahmen. Begnügen wir uns einstweilen *der Einfachheit* wegen mit zwei Membranen, da man

wohl nichts dagegen einzuwenden haben wird, dasjenige, was bei zweien sich zeigt, als gültig auch für drei, vier oder mehr gelten zu lassen.

2. Versuche mit zwei Membranen.

Verschliefst man die Oeffnung der Röhre *b* der Fig. 1 mit einer Membran, so tritt bei der Wasseraufnahme durch die Membran *a* ***keine*** Flüssigkeit nach *c* in die Höhe. Füllt man alsdann das enge Röhrchen *c* mit etwas Wasser, um die bei *b* angebrachte Membran auch von oben feucht zu erhalten, so wird dieses Wasser von der Gummilösung aufgesogen; die Membran *b* und — weit auffallender, weil gröfser — die Membran *a* schwellen convex an, gerade als hätte man eine mit Gummischleim gefüllte Glasröhre an beiden Enden mit Blase verbunden und in Wasser gelegt. — Anders verhält sich die Sache, wenn wir in das Röhrchen unter *c* ***gleichfalls*** *Gummi*lösung statt Wasser bringen, wie der folgende Versuch zeigt (Fig. 2). Hier ist

Fig. 2.



das untere Ende der Röhre bei *g*, gerade wie vorhin bei *a*, mit einer Membran geschlossen; die Röhre selbst ist mit Gummilösung angefüllt; oben ist eine engere Röhre *kp*, wie im vorigen Apparate, eingeschoben, mit einer Blase sackartig bei *k* überkleidet (um die diffundirende Fläche etwas zu vergröfsern), und (nach gehörigem Abtrocknen) mittelst Siegellacks bei *m* fest und dicht eingekittet. Dieses engere Röhrchen ist bis nach *n* mit derselben Gummilösung gefüllt, wie die untere, weitere Röhre *g*—*k*. Der Apparat, welcher hier in drittel Gröfse dargestellt ist, weicht nur darin von dem vorigen ab, dafs die untere Membran *g*, wir wollen sie die *Saug*membran nennen, einen um das zehnfache gröfseren Durchmesser hat, als die obere oder *Druck*membran bei *k*. Eine andere Verschiedenheit ***dieses Apparates vom ersten*** besteht darin, dafs eine Bie-

gung bei *h* und eine kugelige Auftreibung bei *i* sich befindet. Diese haben den Zweck, nachdem man, — wie dieſs nothwendig ist — den Apparat schief (statt senkrecht) aufgestellt hat, die beim Aufbinden der Membran *g* leicht mit eingeschlossen werdenden Luftblasen bei *i* aufzufangen und dadurch unschädlich zu machen. Auch die kleinen Gasbläschen, welche bei mehrtägigen Versuchen sich unfehlbar durch die beginnende Zersetzung des Gummi in der Flüssigkeit von selbst entwickeln, werden an derselben Stelle bei *i* aufgehalten.

Hat man nun diesen Apparat bis zur Linie *h* in Wasser gesenkt, so bemerkt man schon nach wenigen Stunden ein unverkennbares Steigen der Gummilösung bei *n*. Nach 3 Tagen hat dieselbe bei Anwendung thierischer Membranen die Höhe von 7 par. Linien über dem ursprünglichen Stande erreicht. Alsdann läfst das Aufsteigen der Flüssigkeit nach, es tritt Gasentwickelung ein, wodurch, da sich die Gasblasen zuletzt auch unter der Membran *k* ansammeln, die Berührung dieser Membran mit der Gummilösung unter ihr unterbrochen wird, womit denn der Versuch sein Ende erreicht.

Wenn man einen gröfseren Effect hervorbringen, ein höheres Steigen der Flüssigkeitssäule und ein wirkliches Abtropfen hervorbringen will, so ist es nothwendig, eine kleine Aenderung an dem Apparate anzubringen, indem man eine schwer durchlassende Membran mit einer leicht durchlassenden combinirt. Nimmt man bei *g* als Saugmembran ein Stück Schweineblase, bei *k* als Druckmembran ein Stück dünnes Pergamentpapier, welche jedes für sich einen normalen einseitigen Strom — aber von ungleicher Stärke — vermitteln, so hat man die Bedingungen hierzu erfüllt. Ich brachte in einen so hergerichteten Apparat eine Gummilösung von 7,5° Aräom. Binnen 7 Stunden war die Flüssigkeit in der engen Aufsatzröhre *n* bereits *um 2 Zoll gestiegen*. Bald darauf hatte dieselbe die Oeffnung bei *p* erreicht und begann in dicken, klebenden Gummitropfen hervorzudringen und zu fallen. Die Blase bei g war prall

spannt, stark convex aufgetrieben; ein Druck auf die- : brachte im Stande der oberen Flüssigkeitsabtheilung : Aenderung hervor, zum Beweise, dafs der Verschlufs ommen und allseitig dicht war. Etwa alle zwei Stun- fiel ein Tropfen, und diefs 2 Tage hindurch, wo in e der eintretenden Gasentwickelung im Innern der igkeit der Versuch abgebrochen werden mufste.

Dieser Versuch wurde mit im Wesentlichen ganz glei- Erfolge zum öfteren wiederholt; und als in einem statt des Gummiwassers der aus einem Bohrloche des ns (*Acer sacharinum*) aufgefangene Saft benutzt wurde, her ein spec. Gewicht von nur 3° Aräom. zeigte, so sich auch hier ein sehr rasches Aufsteigen der Flüs- itssäule bei *n*, indem deren Stand in dem Röhrchen *n* binnen 13 Stunden um 22 par. Linien erhöhte. Doch ich nicht sagen, ob auch hier der Strom auf die Dauer ein einseitiger geblieben seyn würde, wie bei der Gum- sung.

Wenn wir, um den Vergleich mit der blutenden Rebe behalten, die grofse Fläche der Saugmembran *g* mit grofsen Oberfläche der aufsaugenden Wurzelzasern in llele setzen, so würde die Druckmembran *k* der unte- Wand einer saftführenden Prosenchymzelle entsprechen, Oeffnung *p* aber deren oberem querdurchschnittenen le; und die aus *p* hervortretende Flüssigkeit wäre dem- dem rohen Holzsafte analog, welcher aus der offenen nde der angeschnittenen Rebe hervorquillt, und zwar einer nachhaltigen Continuität, welche, trotz der herr- nden gegentheiligen Ansicht, jede Erklärung durch die hnlichen Erscheinungen der Endosmose ausschliefst; so mehr, als in der That bezüglich der Wurzeln unter gewöhnlichen Verhältnissen eine gleichzeitige *Abschei-* gelöster Salze oder dgl. nach aufsen, also die ent- chende Endosmose, selbst bei im *Wasser* erzogenen rzeln, entweder gar nicht, oder in sehr beschränkter ise stattfindet (Knop, Stohmann, Schumacher). *aber nun Quellung oder* Endosmose die Ursache des

Blutens der Rebe und der Birke, in jedem Falle verlangt die Theorie, dafs die Flüssigkeit im Baumstamm nach oben fortwährend nachweisbar *dichter* sey. Allerdings ist diese Zunahme des spec. Gewichts nach oben nur eine äufserst geringe, ja Unger giebt, freilich im Gegensatze zu allen übrigen Beobachtern, geradezu an, dafs die Flüssigkeit bei der Birke und Rebe in den oberen Theilen des Stammes *weniger* dicht sey, als in den unteren (s. a. a. O. und Sitzungsber. d. Wien. Akad. 1857. XXV. 2. S. 441 und 445). Ferner fanden Knight und Biot, dafs der aus demselben Bohrloche ausfliefsende Saft mit der Zeit verdünnter war; eine Angabe, welche ebenso wie die vorige mit meinen eigenen Beobachtungen (an dem Zuckerahorn) in directem Widerspruche steht und wohl nur durch die allerdings vorkommenden vorübergehenden Schwankungen des spec. Gewichtes, vielleicht in Folge von Regengüssen, veranlafst worden seyn mag (vgl. Botan. Zeitung. 1850. S. 811). Eine *Zunahme* des spec. Gewichts mit dem Vorrücken der Vegetationsperiode fanden, wie ich, auch Brücke und Unger (vgl. Sitzungsber. 1857. l. c. S. 444). Jedenfalls müfste sich allmählich ein Gleichgewicht herstellen zwischen oberer und unterer Flüssigkeit im Baum, wenn nicht durch irgend welche Ursache die obere Flüssigkeit fortwährend von neuem wieder concentrirt würde. Die Ursache dieser gröfseren Concentration, ohne welche die Saftbewegung nicht verständlich ist, ist nicht mit genügender Sicherheit ermittelt. Da auch in einem mit Wasserdampf gesättigten Raume das Saftsteigen (bei tropfenden Kräutern, wie z. B. jungen Haferpflanzen) trotz der hier beschränkten Verdunstung, endlich auch bei untergetauchten Wasserpflanzen wahrscheinlich gerade so stattfindet, wie in freier Luft, so kann die *Verdunstung* nicht die wesentliche Ursache der Concentration der Flüssigkeit in den oberen Theilen seyn, um so weniger, als die Rebe und Birke ja auch nach dem Wegschneiden der Zweige bluten, und zu einer Zeit, wo eine stark verdunstende Blättermasse noch nicht vorhanden *ist.* *Bei der* Rebe erreicht nun zwar das Bluten bald ein

le, nicht aber das Aufsteigen von Saft überhaupt, wel-
s selbstverständlich während der ganzen Vegetationszeit
dauern mufs, und im Juli schwerlich eine andere Ur-
ıe haben wird, als im April oder zur Zeit des Blutens.
der *Colocasia* ist das Tropfen aber ein continuirliches
fällt inmitten der Vegetationszeit (Duchartre). Da
neben dem aufsteigenden Säftestrom auch ein absteı-
der stattfindet, und zwar, wie wir oben sahen, mindeı
s theilweise in denselben Zellen, so ist es weiter einchtend, dafs eine *continuirlich fortwirkende* Ursache der
ncentrirung der Flüssigkeiten existiren mufs, welche theils
ultan oben und unten thätig ist, also die Säfte aufwärts
, etwa in einem benachbarten Systeme, wieder abwärts
regt, theils succedan, so dafs etwa zu einer gewissen
t in einem und demselben Systeme die Veranlassung der
ellungserscheinungen oben liegt, zu einer andern aber un-
. Diese Ursache, welche mit der Organisation, also der
lung von sehr jungen Zellmembranen, Verdickungsschichund Reservestoffen zusammenzuhängen scheint, ist noch
ht festgestellt.

Es ist bekannt, dafs die blutenden Bäume in der Rekeine Flüssigkeit austreten lassen, wenn sie nicht *ver-t* sind, oder eine schwächere Stelle, eine alte Blattnarbe
lgl., dazu Gelegenheit giebt. Dasselbe gilt von vielen
internı, welche, wie die Agave oder Kartoffelstaude, nur
ın bluten, wenn man den Stamm unten abschneidet (vgl.
Pflanzenklimatologie S. 580). Diefs Phänomen zu erklä-
, war der Zweck des Versuches sub Fig. 2. Für *Colo-ia* aber, für *Nepenthes*, die junge, Tropfen ausschwitzende
ier- oder Gerstenpflanze und die verwandten Fälle, wo
ı einer Verletzung der Pflanze keine Rede seyn kann,
rde nach dem Obigen anzunehmen seyn, dafs hier in
er sehr ungleichen *Gröfse der Oberfläche* von Saug- und
ckmembran [1]), ebenso vielleicht aber auch in einer auf-

[1]) Man denke an die Oberfläche der zahlreichen Saugwürzelchen im Vergleiche zu der Gröfse der *Tropfen* ausschwitzenden Stelle und den damit *parallel gehenden elastischen* Druck.

fallenden *Ungleichheit in der Permeabilität* dieser Membranen für wässerige Flüssigkeit der Schlüssel zu diesem abweichenden Verhalten zu suchen wäre. — Es bedarf schliefslich kaum der Erinnerung, dafs aufser dem Drucke der Membranen und der jeweiligen Concentration des Inhalts auch die Temperatur einen wesentlichen Einfluſs auf Diffusions- wie Quellungsphänomen hat, wie denn das Gleiche auch bezüglich des Blutens der Bäume nachgewiesen ist. Auf das Thränen der Rebe hat die Temperatur den gröfsten Einfluſs, wie u. A. Hofmeister (l. c.) ausdrücklich hervorhebt, und Dassen hat gezeigt, dafs, je wärmer der Boden ist, desto höher die Wassersäule, welche die angeschnittene Rebe zu heben vermag (Wiegmann's Archiv. XIII. 2. S. 311).

V. *Ueber einige Eigenschaften des Inductionsstroms; von P. L. Rijke.*

1. Die Art, wie man einen inducirenden Strom unterbricht, übt, wie Jeder weifs, einen bedeutenden Einfluſs auf die Schlagweite des inducirten Stromes aus. Zwar ist es beim gegenwärtigen Zustand unserer Kentnisse nicht immer möglich, zu erklären, wefshalb diese Weite zu- oder abnimmt, wenn die Unterbrechung auf diese oder jene Weise geschieht; allein die Resultate einiger Physiker scheinen doch auf ein allgemeines Princip zurückgeführt werden zu können. So lassen die Versuche des Hrn. Poggendorff und des Hrn. Fizeau annehmen, dafs Alles, was die elektrische Dichtigkeit an dem Orte der Unterbrechung zu verringern strebt, einen günstigen Einfluſs auf die Funkenlänge des inducirten Stromes ausübt. Durch Verknüpfung dieses Princips mit einer längst bekannten Thatsache, *nämlich der* augenblicklichen Entweichung der Elektricität

aus einem Leiter, der mit einer Flamme in Verbindung gesetzt ist, bin ich auf die Gedanken geführt worden, dafs es möglich sey, die Schlagweite eines Inductionsstroms zu vergröfsern, wenn man die Unterbrechung des inducirenden Stroms innerhalb einer Flamme bewerkstelligt.

2. Die Versuche, von denen ich Rechenschaft geben werde, haben diese Voraussichten bestätigt.

Die Unterbrechung geschah beständig zwischen Platindrähten, die in Ringform endeten und die man rasch längs einander hingleiten liefs. Es braucht wohl nicht gesagt zu werden, dafs diese Drähte, die man in der Hand hielt, hinreichend isolirt waren, damit der Extrastrom nicht in die Arme des Experimentators gelangen konnte. Die Enden des inducirten Drahtes waren mit einem Funkenmikrometer verbunden. Die Funken sprangen zwischen zwei Kupferknöpfchen von 16^{mm},6 Durchmesser über. Wenn die Flamme durch Verbrennung eines Gases erzeugt werden sollte, bediente man sich einer Bunsen'schen Lampe. Bei den Versuchen waren die unteren Oeffnungen verschlossen; es fand daher keine Vermengung der Luft mit dem Gas statt. Ich bediente mich beständig eines grofsen Ruhmkorff'schen Inductors. Die Coaks-Elemente der Bunsen'schen Batterie waren Platten von 32 Quadratcentimet. Fläche. Mit Anwendung zweier solcher Elemente erhielt ich folgende Resultate:

Mittel, worin d. Unterbrech. d. inducirenden Strom geschah	Maximum der Schlagweite	Verhältnifs zwischen der Schlagweite in d. angezeigten Mitteln und der in der Luft
	mm	
Luft	3,1	
	8,1	
	Mittel 8,1	1
Alkoholflamme	19,3	
	19,5	
	Mittel 19,4	2,395
Wasserstoffflamme	56,6	
	58,6	
	Mittel 57,6	7,110
Flamme d. Leuchtgases	57,2	
	59,0	
	Mittel 58,1	7,173.

Man sieht, die Wirkung der Alkoholflamme war viel geringer als die der Wasserstoffflamme und der Leuchtgasflamme, welche letzteren beide fast gleich wirkten.

3. Ich lehre Keinen etwas Neues, wenn ich daran erinnere, dafs die Gestalt der Elektroden, zwischen denen man die Entladung eines Leiters, einer Leydner Flasche oder eines Inductionsstroms überschlagen läfst, einen bedeutenden Einfluſs auf die Schlagweite ausübt, und dafs diese letztere auffallend zunimmt, wenn man zur positiven Elektrode einen zugespitzten Leiter und zur negativen eine gegen ihn winkelrecht gestellte Platte nimmt. Es blieb zu wissen, ob die Unterbrechung des inducirenden Stroms inmitten einer Flamme auch noch die schon länger gewordenen Funken vergröfsern würde, wenn man sie zwischen solchen Elektroden überspringen liefse. Die folgenden Versuche beweisen, dafs diese Frage bejaht werden mufs. Nur ist diese Vergröfserung nicht mehr so bedeutend.

Die Metallplatte, eine kupferne, hatte einen Durchmesser von $35^{mm},4$. Der zugespitzte Leiter, gleichfalls von Kupfer, hatte an seiner Basis eine Dicke von 9^{mm} und war 40^{mm} lang.

Mittel, worin d. Unterbrech. d. inducirenden Strom geschah	Maximum der Schlagweite	Verhältnifs zwischen d. Schlagweite in d. angezeigten Mitteln und der in der Luft.
	mm	
Luft	20,4	
	17,4	
	Mittel 18,9	1
Alkoholflamme	31,4	
	30,7	
	Mittel 31,05	1,643
Wasserstoffflamme	76,9	
	77,3	
	Mittel 77,05	4,077
Leuchtgasflamme	73,0	
	76,9	
	Mittel 74,95	3,966.

4. Es schien mir nicht unwichtig, zu untersuchen, ob *der Einfluſs der* Flamme sich noch zeigen würde, wenn die

beiden Enden des inducirenden Drahts mit den Armaturen des Fizeau'schen Condensators verbunden wären. Folgendes waren die Resultate, als ich den Condensator, mit dem der Apparat versehen war, mitwirken liefs.

Mittel, worin d. Unterbrech. d. inducirenden Stroms geschah	Angewandte Elektroden	Maximum d. Schlagweite	Verhältnifs zwischen d. Schlagweite in d. angezeigten Mitteln und der in der Luft
		mm	
Luft	Kugeln	95,2	1
Leuchtgasflamme		113,2	1,88
Luft	Zugespitzter Cylinder u. Platte	118	1
Leuchtgasflamme		165	1,4

Die Untersuchung der in den beiden letzten Tafeln angegebenen Resultate zeigt, *dafs der Einfluſs der Flamme desto weniger hervortritt, als der Versuch so angestellt wird, dafs eine gröfsere Schlagweite erhalten werden mufs.*

5. Man kann die Platindrähte eine sehr kurze Zeit in der Flamme lassen, diejenige, welche zur Bewirkung einer Unterbrechung nöthig ist: man kann sie auch darin viel länger verweilen und eine hohe Temperatur annehmen lassen. Ich habe indefs nicht bemerkt, dafs man in dem einen oder anderen Falle eine beträchtlichere Schlagweite erhielte. Nur wird das Platin, wenn es längere Zeit in der Flamme verweilt, auf seiner Oberfläche rauh, das Hingleiten geschieht nicht mehr so leicht, die Dauer der Unterbrechung nimmt zu, und daraus erfolgt eine Abnahme der Schlagweite.

6. Wenn man nun so dünne Platindrähte anwendet, dafs sie in der Flamme eine sehr hohe Temperatur annehmen können, wenn man sie dann, während sie noch im Contacte sind, herauszieht, und sie hierauf rasch trennt, ohne ihnen zu merklicher Erkaltung Zeit zu lassen, so erhält man beständig eine Schlagweite gleich der, welche man findet, wenn man die Unterbrechung in Luft von gewöhnlicher Temperatur vornimmt. Man sieht also, dafs es allein*ig die Gegenwart eines* verbrennenden Körpers und nicht

die höhere Temperatur der Elektroden ist, der man die Vergröfserung der Schlagweite zuschreiben mufs.

Ich glaubte auch, die Wirkung der verschiedenen Theile der Flamme untersuchen zu müssen. Die Resultate davon sind in der folgenden Tafel angegeben. Die Flamme war die des Leuchtgases. Die Elektroden des Inductionsstroms bestanden aus einem zugespitzten Leiter und einer Metallplatte (3).

Mittel, worin die Unterbrechung des inducirenden Stroms geschah	Maximum der Schlagweite
	mm
Luft	21,7
	22,1
	Mittel 21,9
Heifsester Theil der Flamme	23,3
	23,7
	Mittel 23,5
Heller Theil der Flamme	59,2
	49,7
	Mittel 54,45
Unterer Theil der Flamme	76,1
	65,6
	Mittel 70,85

Es ist also nicht der heifseste Theil der Flamme, welcher den gröfsten Einflufs ausübt, sondern derjenige, worin die Temperatur am niedrigsten ist.

7. Hr. Dr. Levoir, welcher mich bei diesen Versuchen unterstützte, und, wie ich, über dieses keineswegs von uns erwartete Resultat überrascht war, schlug mir vor, zu untersuchen, ob wir nicht, wenn die Unterbrechung der Kette inmitten eines *nicht entzündeten* Gastroms geschehe, gleichfalls eine Zunahme der Schlagweite wahrnehmen würden. Wir machten sogleich den Versuch, und wirklich fand sich, dafs das nicht angezündete Gas eine wenig schwächere Wirkung ausübt wie die Flamme. Man wird diefs aus folgender Tafel beurtheilen:

Mittel, worin die Unterbrechung des inducirenden Stroms geschah	Maximum der Schlagweite
	mm
Leuchtgas, nicht angezündet	63,2
	63,6
	Mittel 63,4
Unterer Theil seiner Flamme	64,1
	67,3
	65,7

Analoge Resultate haben wir mit Wasserstoffgas erhalten. Die Elektroden, zwischen welchen man den Funken des Inductionsstroms überspringen liefs, waren einerseits eine Metallplatte und andererseits ein zugespitzter Cylinder (3).

Mittel, worin die Unterbrechung des inducirenden Stroms geschah	Maximum der Schlagweite
	mm
Wasserstoffgas, angezündet	40,1
	40,3
	Mittel 40,2
Wasserstoffgas, nicht angezündet	29,0
	33,0
	Mittel 31,0

Hier eine Reihe mit anderen Gasen gemachter Versuche [1]).

1) Es ist schwer, einen Funken inmitten eines Wasserstoffstroms zu erzeugen, ohne nicht dasselbe zugleich in Brand zu setzen. Die Diffusion der Luft in Wasserstoff geschieht so rasch, dafs sich sehr bald ein verpuffend[illegible] bildet. Man kann indefs diese Schwierigkeit leicht [illegible] such folgendermafsen anstellt. Einen [illegible] dafs man beide Hände zugleich hinein- [illegible]ist eines Stativ in senkrechter Stellung, [illegible]. Läfst man durch diese Röhre einen [illegible] so kann man die Kette im Trich- [illegible] befürchten zu dürfen. Ueber- [illegible] Umständen nicht die mindeste

No.	Mittel, worin die Unterbrechung des inducirenden Stroms geschah	Maximum der Schlagweite	Verhältnifs zwischen der Schlagweite in d. angezeigten Mitteln und der in der Luft
		mm	
1.	Atmosphärische Luft	20	
	Kohlensäure	22	
	do.	21	1,01
	do.	21	
	Atmosphärische Luft	21	
2.	Atmosphärische Luft	19	
	Ammoniakgas	31	
	do.	27,5	1,58
	Atmosphärische Luft	18	

Wir erhielten also als Mittelwerth der Schlagweite, wenn die Unterbrechung geschah in

Atmosphärischer Luft	$19^{mm},5$
Kohlensäure	21 ,3
Ammoniak	29 ,2.

Ich wage nicht zu behaupten, dafs die geringe Zunahme bei der Kohlensäure einem Beobachtungsfehler zuzuschreiben sey: allein was die bedeutende Zunahme beim Ammoniak betrifft, so rührt sie ohne Zweifel von einer specifischen Wirkung dieses Gases her.

Am anderen Morgen erhielt ich mit Sauerstoff, Stickstoff und Chlor folgende Resultate:

No.	Mittel, worin die Unterbrechung des inducirenden Stroms geschah	Maximum der Schlagweite	Verhältnifs zwischen der Schlagweite in den angezeigten Mitteln und der in der Luft
		mm	
1.	Atmosphärische Luft	17,1	
	Sauerstoff	19,5	1,096
	Atmosphärische Luft	18,5	
2.	Atmosphärische Luft	16,8	
	Stickgas	17,5	
	do.	16,0	1,057
	do.	22,5	
	Atmosphärische Luft	18,0	
3.	Atmosphärische Luft	16,2	
	Chlor	15	
	do.	12,5	0,872
	do.	14,5	
	do.	9,5	
	Atmosphärische Luft	13,5	

Die Zahlen in der letzten Columne dieser Tafel weichen so wenig von der Einheit ab, dafs ich nicht zu behaupten wage, die Unterschiede dürften nicht zufälligen Ursachen zugeschrieben werden.

8. Als die Unterbrechung im Stickgas geschah fanden wir für die Schlagweiten folgende Zahlen:

$17^{mm},5 \quad 16^{mm},0 \quad 22^{mm},5.$

Das Gas trat unter ungleichen Drucken aus dem Gasometer und da der stärkste Druck mit der gröfsten Schlagweite zusammenfiel, so fragte ich mich, ob diese Zunahme in der Länge der Funken von einer zufälligen Ursache herrühre oder ob man annehmen müsse, dafs der Bewegungszustand der Gastheilchen einen gewissen Einfluſs auf das uns beschäftigende Phänomen ausübe. Um diese Frage zu beantworten, wiederholte ich einige Versuche, und fand zunächst, dafs man bei Unterbrechung der Kette in Luft, sie mochte ruhen oder aus einem Pepys'schen Gasometer strömen, Inductionsfunken von nahe gleicher Länge erhielt. Dem war nicht so, wenn man den Luftstrom durch einen Blasebalg (*soufflet d'Enfer*) hervorbrachte. Brachte ich den Druck der Luft auf das Maximum, oder anders gesagt, ertheilte ich den Gasmolecülen ein Maximum von Geschwindigkeit, so konnte ich die Schlagweite auf 41^{mm} bringen, während sie, wenn die Unterbrechung in ruhender Luft geschah, nur 20^{mm} betrug.

Ich verdichtete Luft in dem Behälter eines Natterer'schen Apparats auf einen Druck von ungefähr 25 Atmosphären, und vollzog die Unterbrechung der Kette folgeweise in dem Luftstrom, der aus der Düse des zur Aufsaugung der Kohlensäure dienenden Apparats hervordrang, und in ruhender Luft. So erhielt ich die folgenden Resultate. Zwei Kupferknöpfe (12) bildeten die Elektroden, zwischen welchen der Inductionsfunke überschlug.

Mittel, worin die Unterbrechung des inducirenden Stroms geschah	Maximum der Schlagweite	Verhältnifs zwischen der Schlagweite in dem angezeigten Mittel und in Luft
	mm	
Luft strömend	69,6	8,09
do. ruhend	8,6	1
do. strömend	78,6	11,07
do. ruhend	7,1	1

Man sieht also, *dafs die Länge des Inductionsfunkens bedeutend zunimmt, wenn die Unterbrechung der inducirenden Kette in Luft geschieht, die mit einer raschen Fortbewegung begabt ist.*

9. Bekanntlich erhält man eine gröfsere Schlagweite, wenn man die Unterbrechung der inducirenden Kette in Wasser, statt in Luft, vornimmt; ich habe gefunden, dafs diese Weite eine fernere Vergröfserung erfährt, wenn man den Wassertheilchen eine gewisse Geschwindigkeit einprägt. Ich experimentirte folgweise mit ruhendem Wasser, und mit Wasser, das unter einem Druck von ungefähr $10^{m},5$ hervorsprang. Folgendes sind die erhaltenen Resultate; zwei Kupferknöpfe dienten dem Inductionsstrom als Elektroden.

Mittel, worin die Unterbrechung des inducirenden Stroms geschah	Schlagweite
	mm
Atmosphärische Luft	8,6
Wasser, ruhend	33,6
Wasser, strömend	57,5

10. Durch mehre Physiker ist genügend bewiesen, dafs die Ablenkung, welche man beobachtet, wenn man den Inductionsstrom durch einen Multiplicatordraht leitet, ganz unabhängig ist von der Art der Unterbrechung des inducirenden Stroms. Nur mufs die zur Unterbrechung verwandte Zeit sehr klein seyn gegen die Dauer einer Oscillation der Magnetnadel. Man hat daraus geschlossen, dafs die Elektricitätsmenge, welche die Unterbrechung des primären Stroms in dem secundären Draht in Bewegung setzt, dieselbe bleibe, auf welche Weise man auch die Unterbrechung des inducirenden Stroms vornehme. Dennoch

nimmt die Schlagweite des Inductionsstroms zu, wenn die Unterbrechung des inducirenden Stroms z. B. inmitten einer Flamme geschieht. Sollte diese Zunahme der Schlagweite nicht beweisen, dafs, wenn die Unterbrechung unter diesen Umständen geschieht, dasjenige, was man elektromotorische Kraft nennt, eine mehr oder weniger beträchtliche Verstärkung erleide? — Man hat immer dieselbe Elektricitätsmenge, nur gebraucht sie weniger Zeit, um die Kette zu durchlaufen. Allein, wenn dem so ist, so mufs man, falls man den Multiplicator durch das Weber'sche Dynamometer ersetzt, mit diesem letzteren Instrument gröfsere Ablenkungen erhalten, sobald die Unterbrechung des inducirenden Stroms unter, für Erzeugung einer gröfseren Schlagweite günstigen Bedingungen, geschieht. Folgendes sind die Resultate, welche ich mit dem in diesen Ann. Bd. CII, S. 501 beschriebenen Dynamometer erhielt. Den inducirenden Strom lieferten vier Daniell'sche Elemente, deren Zinkplatten 314 Quadratcentimeter in Fläche enthielten. Die Flamme war die des Leuchtgases.

Mittlere Lage des Gleichgewichtspunktes	Inducirter Strom erhalten beim Oeffnen in:	Elongation vor dem Durchgang durch d. Gleichgewichtspunkt	Beobachtete Elongation	Ablenkung beobachtet	Ablenkung berichtigt
516,4	Luft	517,8	502,8	13,8	12,2
	Flamme	517,2	502,8	13,6	12,8
	Luft	517,8	501,3	15,1	13,7
516,1	Luft	516,4	501,8	14,3	14,0
	Flamme	516,4	501,4	14,7	14,4
	Luft	517,0	500,0	16,1	15,2
	Flamme	516,5	500,7	15,4	15,0
	Luft	516,9	499,8	16,3	15,5
515,9	Luft	516,1	499,6	16,3	16,1
	Flamme	516,3	499,7	16,2	15,8
	Luft	516,6	499,9	16,0	15,3
515,9	Luft	516,3	498,8	17,1	16,7
	Flamme	516,6	498,0	17,9	17,2
	Luft	516,1	498,1	17,8	17,6
	Flamme	516,1	498,0	17,9	17,7
	Luft	516,3	498,1	17,8	17,4
515,7	Luft	516,3	496,9	18,8	18,3
	Flamme	516,1	496,8	18,9	18,5
	Luft	516,8	496,7	19,0	17,9
	Flamme	516,1	496,9	18,8	18,4
	Luft	516,1	496,3	19,4	19,0

Man erhielt also folgende Resultate:

Ablenkungen beim Oeffnen in Luft	Ablenkungen beim Oeffnen in Flamme
12,9	12,8
14,9	14,7
15,7	15,8
17,2	17,4
18,4	18,4
Mittel 15,8	Mittel 15,8.

Ich brauche wohl nicht zu sagen, dafs ich weit entfernt war, diese vollkommene Gleichheit zwischen den beiden Mitteln zu erwarten.

11. Man erinnert sich vielleicht, dafs ich gefunden habe (Pogg. Ann. Bd. LXXXIX S. 166), dafs die Schlagweite eines Inductionsstroms bedeutend vergröfsert wird, wenn man die Unterbrechung des inducirenden Stroms zwischen den Polen eines Elektromagnets vornimmt. Ich hatte bisdahin geglaubt, dafs man durch dieses Mittel auch die Ablenkung vergröfsern würde, welche der inducirte Strom in einem Weber'schen Dynamometer hervorbringt; allein die eben angeführten Versuche waren wohl geeignet, darüber Zweifel bei mir zu erwecken. Ich griff daher zum Versuch und fand, dafs *die Ablenkungen des Dynamometers sich nicht veränderten, wenn die Unterbrechungen des inducirenden Stroms zwischen den Polen eines Elektromagnets stattfanden.*

12. Wir haben gesehen (10), auf welche Betrachtungen man sich stützt, wenn man behauptet, dafs Alles, was die Schlagweite des Inductionsstroms zu vergröfsern strebt, auch die Ablenkungen vergröfsern müsse, welche der Inductionsstrom mit dem von ihm durchlaufenden Dynamometerdraht hervorbringt. Wie bekannt sind es analoge Schlufsfolgen, wodurch man beweifst, dafs die physiologische Wirkung des inducirten Stroms und die Temperatur-Erhöhung, welche er in einem Metalldraht hervorbringt, wachsen müssen, sobald die Unterbrechung des inducirenden Stroms unter Umständen geschieht, welche die Vergröfserung der Schlag*weite begünstigen.* Nachdem ich aber gesehen, dafs die

Ablenkungen des Dynamometers nicht nothwendig von den Umständen abhängen, welche für die Verlängerung der Inductionsfunken günstig sind, hielt ich es für sehr möglich, dafs die physiologischen und die thermischen Effecte gleichfalls von ihnen unabhängig wären. Der Versuch mufste darüber entscheiden.

Um die physiologischen Effecte zu studiren bediente ich mich eines kleinen Ruhmkorff'schen Apparats. Obwohl ich nur ein einziges Daniell'sches Element anwandte, mufste ich, um die Erschütterungen erträglich zu machen, das Eisendrahtbündel fast aus der Drahtrolle herausziehen. — Beständig fand ich, *dafs die Erschütterung keineswegs stärker, sondern schwächer wurde, wenn die Unterbrechung in einer Leuchtgasflamme stattfand.* Dieselben Resultate erhielt ich mit einem anderen, minder kräftigen Apparat, in welchen ich das Eisendrahtbündel weiter hineinschieben konnte.

Ein nach den Angaben des Hrn. Riefs construirtes Elektrothermometer diente mir zum Vergleich der thermischen Wirkung, welche der inducirte Strom ausübte, wenn der inducirende folgweise in Luft und in einer Flamme unterbrochen wird. Da ich den Apparat so eingerichtet hatte, dafs er möglichst empfindlich war, so brachte ich die Enden des Platindrahts, mit dem er versehen war, in metallische Verbindung mit den beiden Enden der Inductionsrolle. Ich gebrauchte anfangs den grofsen Ruhmkorff'schen Apparat, überzeugte mich aber bald, dafs der Inductionsstrom ohne Wirkung auf das Elektrothermometer blieb, und dafs ich nur zum Ziele gelänge, wenn ich eine secundäre Rolle von weit geringerem Widerstande verwendete. Nach einigen fruchtlosen Versuchen gelang es, obwohl die entwikkelte Wärme wenig beträchtlich war, mit Anwendung des in diesen Annal. Bd. LXXXIX S. 166 beschriebenen Elektromagnets. Jede der Drahtrollen bestand aus drei Kupferdrähten, deren einer als Inductionsrolle diente, während die beiden andern die *inducirende* Rolle bildeten. Der Strom *wurde durch acht Daniell'sche* Elemente erzeugt. Die

Depressionen der Flüssigkeitssäule sind in folgender Tafel angegeben:

Depressionen, erhalten bei Unterbrechung des inducirenden Stroms in

Luft	Flamme
0,9	0,8
1,3	1,3
0,7	0,7
Mittel 0,9	Mittel 0,9.

Man sieht: *die Art der Unterbrechung ist ohne Einfluſs auf die Menge der entwickelten Wärme.*

13. Ich muſste natürlich Werth darauf legen, die Art der Wirkung kennen zu lernen, welche das Mittel, innerhalb dessen die Unterbrechung des inducirenden Stroms geschieht, auf den Extrastrom ausübt. Ich begann damit, den physiologischen Effect dieses Stroms zu vergleichen, wenn der inducirende Strom einmal in Luft und das andere Mal in einer Flamme unterbrochen wird. Zu diesem Versuche bediente ich mich der flachen Spirale, die in diesen Ann. Bd. LXXXIX S. 171 beschrieben ist. Faſste man nun mit jeder Hand eine Dicke, die mit einem der Enden der Spirale verbunden war, so bekam man eine Erschütterung, die unvergleichlich stärker war, wenn die Unterbrechung in einer Flamme, als wenn sie in Luft geschah.

Ich wiederholte den Versuch mit einem kleinen Ruhmkorff'schen Apparat und fand auch hiemit, daſs die Erschütterung durch den Extrastrom stärker war, wenn die Unterbrechung in einer Flamme, statt in der Luft, geschah.

In diesen Annal. Bd. CII S. 498 habe ich ein Verfahren auseinandergesetzt [1]), mittelst dessen man den Extrastrom

1) Die Abhandlung enthält einen Irrthum, welchen ich glaube, hier berichtigen zu müssen. Ich irrte mich S. 507 als ich aus einigen Versuchen schloſs, daſs die Intensität des Extrastroms, welchen man beim Schlieſsen einer Kette erhält, gröſser sey als die desjenigen beim Oeffnen. Das Umgekehrte ist richtig. Bei den Versuchen, auf welche ich mich stützte, wurde die Kette geschlossen, indem das Platinende eines Hebels auf einen Amboſs, gleichfalls von Platin, fiel. Später habe ich mich überzeugt, daſs in Folge der Elasticität des Hammers und des Amboſses der Hebel mehrmals abprallen muſste und ich somit mehre Extra-

isoliren und seine Wirkung auf ein Dynamometer messen kann. Nach diesem Verfahren verglich ich die verschiedenen Extraströme, welche man erhält, wenn man denselben inducirenden Strom folgweise in der Luft, in einer Leuchtgasflamme und zwischen den Polen eines Elektromagnets unterbricht. Ich fand nun, dafs die Ablenkungen des Dynamometers immer dieselben waren.

14. Die Zunahme der Schlagweite, welche man erhält, wenn man den Theilchen des Gases oder Liquidums, innerhalb dessen die Unterbrechung des inducirenden Stroms geschieht, eine gewisse Geschwindigkeit einprägt (3) (9), kann erklärt werden durch Betrachtungen ähnlicher Art wie die, welche mir dazu dienten, die Verlängerung zu erklären, welche die Inductionsfunken erfahren, wenn die Unterbrechung zwischen den Polen eines Elektromagnets geschieht (Pogg. Ann. LXXXIX S. 168). Die Gas- oder Flüssigkeitsmolecüle führen die Theilchen fort, welche den Volta'schen Bogen bilden, der immer entsteht, wenn man einen Strom unterbricht. Es folgt daraus, dafs die Art von Brücke, welche die beiden Elektroden verknüpft, sich nicht mehr so lange hält und dafs also die Auslöschung des inducirenden Stroms rascher geschieht. Das bedingt nothwendig für den inducirten Strom eine Zunahme der elektromotorischen Kraft und folglich eine Zunahme der Schlagweite. Allein, wird man mir einwerfen, mufs nicht auch der physiologische und der thermische Effect zunehmen? Und gilt nicht auch dasselbe von der Wirkung auf das Dynamometer? — Ich bekenne, dafs es mir nicht möglich ist, auf diese Fragen, deren Zahl sich noch vermehren liefse, eine genügende Antwort zu geben. Es sey mir nur erlaubt, die Bemerkung zu machen, dafs die Ohm'schen Gesetze unmöglich anwendbar seyn können auf die Inductions-

ströme erhielt, directe sowohl wie umgekehrte. Da alle diese Extraströme in gleichem Sinne auf das Dynamometer wirken, so mufste die von mir beobachtete Ablenkung zugleich von mehren Extraströmen bewirkt worden *seyn*. *Dieser Irrthum* ist indefs ohne Einfluſs auf die *übrigen, in dieser Abhandlung* enthaltenen Schlüsse.

ströme, welche man beim Schliefsen oder Oeffnen eines Stroms erhält. Diese Gesetze sind nur anwendbar auf eine Kette, in welcher sich der sogenannte dynamische Gleichgewichtszustand schon hergestellt hat. Keiner wird aber behaupten, dafs dieser Zustand sich in dem Inductionsdraht eines Ruhmkorff'schen Apparats herstellen könne, bevor der Strom zu circuliren anfange. Was die specifische Wirkung der verschiedenen Gase betrifft, so glaube ich nicht, dafs man beim gegenwärtigen Zustande der Wissenschaft daran denken könne, von ihr Rechenschaft zu geben.

Leyden, 9. Sept. 1862.

VI. *Ueber die Fraunhofer'schen Linien im Sonnenspectrum; von A. J. Ångström.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus d. *Oefversigt af K. Vet. Acad. Förhandl.* 1861 *No.* 8, nebst einem späteren Zusatz).

In einer früheren der K. Akademie am 16. Febr. 1853 überreichten Abhandlung, betitelt »Optische Studien« [1]) habe ich als Erklärungsgrund für die Lichtabsorption ein Princip aufgestellt, welches schon Euler in seiner *Theoria lucis et caloris* anwandte, dafs nämlich die Theilchen eines Körpers, in Folge von Resonanz, besonders diejenigen Wellenbewegungen des Aethers absorbiren, welche sie selbst vermöge der Molecularkräfte des Körpers mit Leichtigkeit annehmen; und ich dehnte die Gültigkeit dieses Satzes nicht blofs auf den Fall aus, wo das absorbirte Licht als Licht oder Wärme auftritt, sondern auch auf den, wo eine chemische Zersetzung zu Stande kommt. Umgekehrt folgt nun auch, dafs ein Körper im glühenden Zustande gerade diejenigen Licht- und Wärmearten aussenden mufs, welche er

1) Siehe Annal. Bd. 94 S. 141.

unter denselben Umständen absorbirt; und es war hauptsächlich, um die Richtigkeit dieses Satzes zu prüfen und zu dem Ende die von den Metallen im glühenden Gaszustand ausgesandten Lichtarten zu kennen, dafs ich die ebengenannte Untersuchung an den elektrischen Lichtspectren vornahm.

Die Resultate, zu denen ich in der angeführten Abhandlung gelangte, waren: dafs das elektrische Lichtspectrum eine Superposition von zwei Spectren ist, von denen das eine dem Metall der Elektroden angehört, und das andre den Gasen, in welchen der Funke überspringt (wodurch ich auch in den Stand gesetzt ward, Zeichnungen von den Metallspectren zu geben, die nicht, wie es früher der Fall war, eine Einmengung vom Luftspectrum enthielten), dafs ferner Verbindungen von verschiedenen Metallen und Schwefelmetallen dieselben Linien im Lichtspectrum geben, wie die Stoffe, aus denen die Verbindungen bestehen. Diese Resultate sind der Hauptsache nach von Van der Willigen bestätigt worden, welcher in seiner verdienstvollen Untersuchung auch wichtige Verbesserungen an der Beobachtungsweise angegeben hat. Er bediente sich nämlich eines Ruhmkorff'schen Apparats und brachte zwischen die Poldrähte Lösungen der zu untersuchenden Stoffe, namentlich Chlorverbindungen, ein Verfahren, welches auch ich bei den nachstehenden Untersuchungen befolgt habe.

Nachdem nämlich das physikalische Kabinet der Universität Upsala versehen worden mit einem optischen Theodolit von Pistor in Berlin, einem Inductionsapparat von Ruhmkorff, mit Prismen und Glasgittern von Steinheil, Mertz und Bertaud, habe ich die in meinen »Optischen Studien« angefangenen Untersuchungen wieder aufgenommen, eifrig unterstützt vom Adjuncten der Physik an hiesiger Universität, Hrn. Thalén. Es ist diese neue Untersuchung, von welcher ich mir erlaube, der K. Akademie hier einige Nachrichten zu geben.

Der nächste Zweck derselben war ein zweifacher: *1) Eine neue Untersuchung* des Sonnenspectrums mit Be-

stimmung der Wellenlänge nicht nur der sieben Fraunhofer'schen Hauptlinien, sondern auch aller stärkeren dazwischenliegenden, nebst Anfertigung naturgetreuer Abbildungen des Spectrums, ohne welche die practische Anwendung von Messungen unmöglich wäre; 2) Bestimmung der Wellenlängen für die hellen Linien in den Gasspectren der Metalle, eine Bestimmung, die am leichtesten durch eine bloſse Einreihung derselben in das Sonnenspectrum erhalten wird.

Obwohl die Untersuchung noch lange nicht vollendet ist, so hat sie doch als Corollare in Betreff der Photosphäre der Sonne verschiedene Aufschlüsse geliefert, die nicht ohne Interesse sind.

Nach allgemeiner Annahme entstehen die Fraunhofer'schen Linien theils in der eignen Photosphäre der Sonne oder der sie umgebenden Gashülle, theils in der Atmosphäre der Erde. Die gröſste Anzahl dieser Linien scheinen indeſs der Sonne anzugehören, und da die Gasarten, welche die eigentliche Photosphäre zunächst umgeben und in der Krone und den sogenannten Protuberanzen, die bei totalen Sonnenfinsternissen sichtbar sind, verspürt werden, sich in sehr hoher Temperatur befinden müssen, so hat hier der Satz seine volle Gültigkeit, daſs diese Gase gerade die Lichtarten absorbiren müssen, welche im glühenden Zustand ausstrahlen.

Schon in meiner früheren Abhandlung äuſserte ich, *daſs die Fraunhofer'schen Linien im Sonnenspectrum* so zu sagen *eine Umkehrung der hellen Linien im elektrischen Spectrum seyen*; sowie, daſs, aller Wahrscheinlichkeit nach, gemäſs dem in der Abhandlung aufgestellten Grundsatz, die Erklärung des einen Liniensystems auch die des anderen liefere [1]).

1) In einem Aufsatz: *On the physical basis of solar chemistry*, im *Philosoph. Magazine*, *Aug.* 1861, äuſsert Hr. Prof. Tyndall in Betreff des Zusammenhanges zwischen den hellen Linien der Metalle und den dunklen des Sonnenspectrums: »*The man who came nearest to the philosophy of the subject* was Ångström. In a paper trans-

Findet man also bei Vergleichung des Sonnenspectrums mit den Spectren der Metalle, dafs die dunklen Linien im ersteren zusammenfallen mit gewissen hellen Linien in dem elektrischen Spectrum eines Metalls, so kann man daraus mit gröfserer oder geringerer Wahrscheinlichkeit auf die Gegenwart dieses Metalls in der Sonne schliefsen. Daraus, dafs zwei Linien zusammenfallen, folgt zwar noch nicht nothwendig, dafs der Körper, dessen Spectrum diese Linien angehören, sich auch in der Sonne befinde, weil bei der ungeheuren Anzahl von dunklen Linien in dem Sonnenspectrum ein solches Zusammentreffen auch zufällig seyn könnte; allein die Wahrscheinlichkeit wächst doch als die Zahl der zusammenfallenden Linien zunimmt und sie in beiden Spectren stark und ausgezeichnet sind.

Schon Fraunhofer beobachtete die Identität der beiden Natriumlinien mit der Doppellinie *D* des Sonnenspectrums, und Brewster fand, dafs das Kalium beim Verbrennen Linien giebt, die den Fraunhofer'schen im äufsersten rothen Ende des Sonnenspectrums entsprechen, woraus man also schliefsen kann, dafs diese beiden Stoffe in der Sonne vorkommen.

Kirchhoff, dem das Verdienst gebührt, durch directe Versuche mit Natrium und Lithium die Richtigkeit des im Vorhergehenden von mir aufgestellten Satzes von der Entsprechung der Absorption und Ausstrahlung erwiesen zu haben, hat in einem in die *Bibliothèque universelle de Genève,* 1861 *Mai*, eingerückten Aufsatz angegeben, dafs er zwischen den Linien *F* und *D* des Sonnenspectrums nicht weniger als 60 Linien gefunden habe, welche alle ihre entsprechenden Linien im Spectrum des Eisens besitzen, ferner, dafs die von Fraunhofer mit *b* bezeichnete Gruppe dem Magnesium angehört, und dafs auch Chrom und Nickel ihre entsprechenden Linien im Sonnenspectrum haben.

lated from Pogg. Annalen by myself, and published in the Phil. Magazine for 1855 *he indicates that the rays which a body absorbs are precisely those which it can emit when luminous. In another place he speaks of one of his spectra giving the general impression of reversal of the solar spectrum.*"

Diese Angaben sind im Allgemeinen durch unsere eigenen Untersuchungen bestätigt worden.

Zwar ist die Anzahl der Linien zwischen *F* und *D*, deren Identität mit den Fraunhofer'schen wir zu verbürgen wagen, nicht so grofs als die von Kirchhoff; allein sie sind doch zahlreich genug, um keinen Zweifel zu hinterlassen, dafs Eisen in der absorbirenden Gashülle der Sonne zugegen ist.

Die Eisenlinien sind die charakteristischsten im ganzen Sonnenspectrum, und wenn man eine hinreichende Vergröfserung anwendet oder das Licht durch zwei Prismen brechen läfst, so zeigen sie sich, wenigstens die stärkeren, vollkommen schwarz.

Im Allgemeinen kann man in Betreff der Fraunhofer'schen Linien dieselbe Bemerkung machen, welche ich schon rücksichtlich der Linien des elektrischen Spectrums machte, dafs nämlich unter letzteren Linien diejenigen, welche der Luft angehören, minder scharf begränzt sind und sich in dem Maafse mehr ausbreiten, als die Elektricität stärker ist, während die Linien der Metalle, besonders der schwer schmelzbaren wie Eisen, sehr scharf begränzt sind. Bei aufmerksamer Betrachtung des Sonnenspectrums kann man darin auch gewisse Linien unterscheiden, welche oft in eine Masse anderer Linien eingebettet liegen, welche aber, wenn die Lichtstärke vergröfsert wird, gleichsam zurücktreten und verschwinden, während die erstgenannten Linien desto stärker hervortreten. Diefs sind Metall-Linien und die bemerklichsten unter ihnen gehören fast alle dem Eisen an.

So kommen im Eisenspectrum zwischen *H* und *G* sechszehn stärkere Linien vor, welche sämmtlich entsprechende Linien im Sonenspectrum haben. Von diesen Linien liegen zwei der stärksten auf etwa $\frac{1}{4}$ und $\frac{3}{4}$ des Abstandes zwischen *H* und *G*; die bei *G* ist indefs doppelt und gehört auch dem Kalke an. Ferner hat man bei *G* und in dessen nächster Nähe bei *F* an fünf starke Linien, bei *F* vier, und *endlich bei E* eine ganze Menge, welche alle den dunke-

len scharf begränzten Linien im Sonnenspectrum entsprechen.

Kirchhoff's Angabe hinsichtlich des Magnesiums leidet in soweit eine Abänderung, als die dritte der mit *b* bezeichneten Linien eine Doppellinie ist und als solche sowohl dem Magnesium wie dem Eisen angehört.

Zu den von Kirchhoff angegebenen vier Körpern Eisen, Magnesium, Nickel und Chrom, welche sich nach seinen Spectral-Untersuchungen in der Sonne befinden, können wir auf Grund unserer eigenen Erfahrung hinzufügen: *Calcium*, *Aluminium* und *Mangan*, sowie mit Wahrscheinlichkeit auch: *Strontium* und *Barium*.

Das *Calcium* hat im violetten Theil des Spectrums drei starke Linien, von denen zwei besonders merkwürdig sind, da sie den beiden *H*-Linien im Sonnenspectrum entsprechen, während die dritte zusammen mit einer der Eisenlinien die zuvor genannte starke Doppellinie zwischen *H* und *G* bildet. Ueberdiefs hat das Calcium wenigstens sechs Linien in der Nachbarschaft von *G* und drei andere zwischen *G* und *F*, und endlich Gruppen feiner Linien bei *E* und zwischen *E* und *C*.

Das *Aluminium* ist besonders charakterisirt durch zwei starke Linien, die zwischen den beiden *H*-Linien liegen und ihre entsprechenden im Sonnenspectrum haben. Zwischen *H* und *G* scheint das Aluminium zum Theil ein zusammenhängendes Spectrum zu bilden. Indefs sind die übrigen Linien weniger hervortretend und deshalb kann auch ihr Zusammenhang mit Linien im Sonnenspectrum nur schwierig bestimmt werden.

Das Spectrum des *Mangans* enthält eine ganze Menge Linien, welche in ihrem Auftreten eine gewisse Aehnlichkeit mit denen des Eisens zeigen. So treten zwischen *G* und *H* Manganlinien in zwei Gruppen auf, die mit zwei Gruppen von Eisenlinien zusammenfallen, und zwischen *G* und *F* hat das Mangan 13 Linien, die sich auch denen des Eisens anschliefsen.

Für die meisten dieser Linien ist ihre Identität mit entsprechenden Linien im Sonnenspectrum festgestellt.

Was endlich *Strontium* und *Barium* betrifft, so hat das erstere zwischen *H* und *G* zwei starke Linien, denen Linien im Sonnenspectrum zu entsprechen scheinen. Dasselbe scheint auch der Fall zu seyn mit der, welche mit der *F*-Linie zusammenfällt. Hiebei mufs jedoch bemerkt werden, dafs die dem Strontium angehörende starke Linie, welche ungefähr in die Mitte von *G* und *F* fällt, keine stärkere entsprechende Linie im Sonnenspectrum hat.

Von den *Barium*-Linien liegen vier zwischen *F* und *D* und diese scheinen entsprechende Linien unter den Fraunhofer'schen zu besitzen.

Im Vorstehenden habe ich unterlassen, von Linien im rothen Theil des Lichtspectrums zu sprechen, theils weil die Untersuchung des Spectrums in diesem Theil weniger vollständig ist, theils auch deshalb, weil wegen der geringeren Dispersion es gröfsere Schwierigkeit hat, zu bestimmen, ob eine Linie im Sonnenspectrum mit einer in einem Metallspectrum zusammmenfällt.

Fafst man indefs das im Vorstehenden Gesagte zusammen und nimmt daneben an, dafs die *C*-Linie dem Wasserstoff angehört, mit dessen erster Linie sie zusammenfällt, so findet man, dafs von den Fraunhofer'schen Linien *B* bis *H* angehören:

B dem Kalium
C » Wasserstoff
D » Natrium
E » Eisen
b » Magnesium und Eisen
F » Strontium und Eisen (?)
G » Eisen
H » Calcium.

Um zugleich eine Probe von unserer Zeichnung des Sonnenspectrums zu liefern, habe ich in Fig. 1 Taf. III die Fraunhofer'schen Linien für vier kleinere Theile des genannten Spectrums wiedergegeben, nämlich für den Abstand

zwischen den beiden *H*-Linien und die Nachbarschaft von *G*, *F*, *b* und *E*. Von den Metall-Linien habe ich in der Zeichnung nur diejenigen angegeben, deren Identität mit den Linien des Sonnenspectrums uns ganz zuverlässig zu seyn scheint. Folglich sind bei den *G*-Gruppen mehre Kalklinien ausgelassen.

Zusatz. Nachdem der vorstehende Aufsatz bereits der Königl. Akademie übergeben war, habe ich von Hrn. Prof. Kirchhoff ein Exemplar seiner Arbeit: *Untersuchungen über das Sonnenspectrum* [1]) zugesandt erhalten. In seiner Zeichnung der Fraunhofer'schen *b*-Gruppe des Sonnenspectrums führt Hr. Kirchhoff die daselbst vorkommende Doppellinie auf Eisen und Magnesium zurück, wie auch ich gethan und wodurch die von mir in dieser Hinsicht gemachte Anmerkung ganz und gar fortfällt; überdiefs läfst er die mittelste Linie gleichfalls dem Eisen angehören. Diese habe ich sicher nicht gesehen, aber diefs läfst sich dadurch erklären, dafs Hr. Kirchhoff bei seinen Untersuchungen stärkere Apparate verwandte, als mir zu Gebote standen. Im Allgemeinen ist, wie ich glaube, die Uebereinstimmung zwischen seinen und meinen Zeichnungen derjenigen Theile des Spectrums, welche ihnen gemeinsam sind, ganz befriedigend.

Wie sehr ich mich indefs genöthigt sehe, dem allgemeinen Urtheil über die Vortrefflichkeit der Untersuchungen des Hrn. Kirchhoff beizustimmen, so kann ich doch nicht mein Mifsfallen unterdrücken über die Weise, wie er den, wenn auch geringeren, Verdiensten Anderer Gerechtigkeit widerfahren läfst.

Dieserhalb finde ich mich veranlafst, hier kurz die Resultate meiner Untersuchung über die elektrischen Spectra zusammenzustellen [2]).

1. Zuvörderst habe ich Zeichnungen von dem Spectrum der Luft und der Metalle gegeben, worin diese beiden Spectren unterschieden sind, und ich habe dabei die

1) Abhandl. der Königl. Akad. zu Berlin für 1861.
2) *Annal. Bd. 94 S. 141.*

Lage einer Menge Spectrallinien der Metalle, sowohl rücksichtlich des Luft- als des Sonnenspectrums, bestimmt, Alles mit der Genauigkeit, welche meine damaligen Hülfsquellen zuliefsen.

2. Habe ich gezeigt, dafs Metallverbindungen und Schwefelmetalle dieselben Spectrallinien geben wie die Elemente, aus denen sie zusammengesetzt sind, und

3. Dafs die Spectrallinien der Elektroden sich unverändert auch in anderen Gasen als die atmosphärische Luft erhalten, so wie endlich, dafs zusammengesetzte Gase dieselben Spectrallinien geben als die einfachen Gase, aus denen sie bestehen. Die Wichtigkeit dieser Beobachtung für Spectralanalysen braucht nicht hervorgehoben zu werden.

4. Der Zweck und die Veranlassung zu meiner ganzen Untersuchung der elektrischen Spectra war der Wunsch, die Richtigkeit des Satzes zu prüfen, zu dem ich auf theoretischem Wege gelangte, dafs nämlich *Strahlung und Absorption einander entsprechen*, eines Satzes, der auch allen folgenden Untersuchungen über die Zusammensetzung der Sonnenatmosphäre zum Grunde liegt.

Zur Stütze dieses Satzes führte ich an, dafs das Iod beim Verbrennen helle und dunkle Linien erzeugt, denen analog, welche sich bei Absorption durch Iodgas zeigen; dafs die dunklen Linien, welche im Sonnenspectrum bei Sonnenuntergang auftreten, etwas Entsprechendes im elektrischen Luftspectrum zu haben scheinen, und dafs im Allgemeinen die Fraunhofer'schen Linien eine Umkehrung der hellen Linien im elektrischen Spectrum seyen. Ich weifs nicht, wie der in Rede stehende Satz deutlicher ausgesprochen werden könnte.

Uebrigens war der Satz von der Entsprechung der Strahlung und Absorption keine blofse Vermuthung, sondern er ging ganz und gar als ein Corollar aus den Ansichten hervor, welche ich über die Natur der thermometrischen Wärme in einer Abhandlung aussprach, deren Anfang schon 1848 herauskam [1]). Ich suchte darin zu zeigen,

1) *Försök till en mathematisk theorie för det thermometrika värmet*, 4°, *Upsala* 1854.

dafs die thermometrische Wärme aus pendelartigen Oscillationen der Körpertheilchen bestehen müsse, wobei die Oscillationszeiten durch die Anziehung der Theilchen des Mediums und die Gröfse der Oscillationsbewegung durch die Anzahl der Theilchen innerhalb der Attractionssphäre bestimmt würden. Als Folge hiervon ergab sich, dafs wenn die Theilchen innerhalb der Attractionssphäre an Zahl gering sind, was wahrscheinlich bei den Gasen der Fall ist, das Spectrum discontinuirlich werden müsse.

Denkt man sich nun, dafs Licht oder strahlende Wärme absorbirt wird, d. h. eine Wellenbewegung des Aethers in eine pendelartige Bewegung der Theilchen des Mediums übergeht, so müssen die Oscillationsamplituden abhängen *A*) von dem Theilchen selbst, ihrer *Masse* und ihrem *Volum*, und *B*) von der Elasticität des Mediums oder von den *Oscillationsbewegungen, welche in dem Medium möglich sind.*

Beim Uebergang von den Bewegungen der Theilchen des Mediums zu der Wellenbewegung des Aethers, d. h. bei der Strahlung, mufs dagegen auch der unter *A*) angeführte Zusammenhang zwischen der Amplitude und der Masse sich geltend machen, so dafs man in dieser Hinsicht sagen kann, dafs *das Absorptions- und Strahlungsvermögen einander gleich sind für ein Medium*, wie auch aus Provostaye und Desains's Beobachtungen hervorzugehen scheint. Während indefs die Körpertheilchen blofs solche Oscillationsbewegungen annehmen, welche für das Medium möglich sind, und wir in Folgedefs dem Medium ein *ungleiches Absorptionsvermögen für die verschiedenen Farben* beilegen müssen, läfst sich der Satz nicht umkehren, weil man annehmen mufs, dafs der Aether alle möglichen Oscillationsbewegungen mit gleicher Leichtigkeit annimmt. Wenn daher ein Körper vorzugsweise diejenigen Licht- und Wärmearten ausstrahlt, welche er absorbirt, so kommt dieſs nicht von einer *specifischen Ungleichheit des Strahlungsvermögen*, sondern ganz einfach davon her, dafs der Aether keine *anderen Wellenbewegungen* annehmen und fortpflanzen

kann als die, welche von den Theilchen des strahlenden Körpers erregt werden.

In dem Vorstehenden wurde angenommen, dafs Licht und strahlende Wärme bei der Absorption in thermometrische Wärme übergehen. Dieſs ist jedoch, wie bekannt, nicht die einzige Form, unter welcher die Absorption auftritt, sie kann sich auch als *chemische Wirksamkeit* oder als *Fluorescenz* zeigen.

Hinsichtlich der chemischen Wirksamkeit mufs indefs dieselbe Regel gelten wie für die thermometrische Wärme, dafs nämlich ein Strahl sich in demselben Maafse chemisch wirksam erweisen mufs, als die kleinsten Theile, aus denen ein Molecül besteht, die Oscillationsbewegungen dieses Strahles leichter annehmen.

Die Fluorescenz oder Phosphorescenz dagegen läfst sich aus den Gründen erklären, welche in dem Vorhergehenden aufgestellt wurden. Im Allgemeinen mufs es als ein Naturgesetz angenommen werden, dafs, *so lange das Licht oder die Wärme die Form von Wellenbewegung behält, die Oscillationszeit unveränderlich ist.* Dieſs ist auch der Fall mit der diffusen Wärme, wie aus Melloni's und Knoblauch's Untersuchungen erhellt; sie hört überdieſs augenblicklich mit der Bestrahlung auf. Die Fluorescenz dagegen gleicht darin der thermometrischen Wärme, dafs sie, ihrer Beschaffenheit nach, unabhängig ist von der Lichtquelle und dafs sie, nach Becquerel's Untersuchungen, auch nicht augenblicklich mit der Bestrahlung aufhört. Da andererseits die Zusammensetzung der thermometrischen Wärme nur auf der eignen Beschaffenheit des Körpers beruht, und sie immer eine gewisse höhere Temperatur erfordert, folglich auch bestimmte Schwingungsamplituden der kleinsten Körpertheile, wenn sie glühend erscheinen sollen, so kann das fluorescirende Licht nicht den eigenen Molecülen der Körper angehören. Dazu kommt, dafs die Fluorescenz gewöhnlich nur eine sehr kurze Zeit andauert und ein discontinuirliches Spectrum giebt, während das Licht-

spectrum von einem glühenden festen Körper immer continuirlich ist.

Die einzige Möglichkeit, die Fluorescenz zu erklären, scheint mir deshalb die zu seyn, dafs man annimmt, dieselbe gehöre dem Aether an und bestehe entweder in Pendelbewegungen analog denen der thermometrischen Wärme, oder auch in stehenden Wellenbewegungen. In letzterem Falle könnten es gewifs auch longitudinale seyn, wie Eisenlohr annimmt, mit dem Unterschiede jedoch, dafs sie stehende wären und folglich unabhängig von der Lichtquelle. Durch diese Annahme würde eine vollkommene Analogie zwischen den Phänomenen des Schalls und des Lichts entstehen: Wie nämlich die Luft den Schall fortpflanzt, aber zugleich selbst tönend seyn kann, so würde auch der Aether nicht nur die Lichtwellen fortpflanzen, sondern auch selbst dergleichen erregen können.

Die in meiner oft genannten Abhandlung befindliche Zeichnung vom elektrischen Spectrum des Wasserstoffs enthält eigentlich blofs *eine starke Linie* im Rothen bei *C*, und überdiefs zwei helle Streifen, den einen bei *F* und den andern bei *G*. Plücker hat seitdem gezeigt, dafs diese zwei Streifen, wenn das Gas verdünnt wird, in zwei Lichtlinien übergehen, von denen die eine genau mit *F* zusammenfällt. Ich habe mich durch Versuche überzeugt, dafs diefs wirklich der Fall ist, und überdiefs, dafs die dritte Lichtlinie zusammenfällt mit einer starken Linie im Sonnenspectrum, welche nahe bei *S* liegt, am rothen Ende des Spectrums, bis auf einem Abstand gleich dem doppelten desjenigen, welcher sich zwischen den beiden Eisenlinien befindet, von denen die eine der *S*-Linie entspricht.

Dieser Umstand, dafs nämlich alle drei Wasserstoffgas-Linien drei starken Linien im Sonnenspectrum entsprechen, scheint mir zur ferneren Stütze der früher gemachten Annahme zu dienen, dafs die *C*-Linie dem Wasserstoff angehört, welcher also, obwohl im verdünnten Zustand, in der Sonnenhülle vorkommt. Die früher gemachte Voraussetzung,

dafs die *F*-Linie dem Strontian angehöre, welche ich schon als zweifelhaft betrachtete, lasse ich fallen und nehme folglich an, dafs die *F*-Linie dem Wasserstoff zukomme.

Eine absolute Gewifsheit kann natürlicherweise nicht erhalten werden, aber unter der Voraussetzung, dafs die Annahme gegründet wäre, würde darin eine fernere Bestätigung eines interessanten Factums liegen, welches aus Prof. Magnus' Untersuchung über das Wärmeleitungsvermögen der Gase hervorzugehen scheint, dafs nämlich der Wasserstoff in höherem Grade als eins der übrigen permanenten Gase an den Eigenschaften der Metalle Theil nimmt.

VII. *Elektrische Iodfiguren;*

von Paul Buttel,

Lehrer am Gymnasium zu Meldorf in Holstein.

Der bekannte Versuch, dafs wenn eine stumpfe Platinnadel auf ein mit Iodkaliumlösung befeuchtetes Papier auf Metall gestellt wird und positive Elektricität durch die Nadel auf das Papier übergeht, ein brauner Fleck entsteht; ferner dafs bei Anwendung negativer Elektricität kein Fleck erhalten wird, gab Veranlassung zu den folgenden Versuchen. Dieselben sind in zwei verschiedenen Zeitfolgen auf zweifache Weise angestellt worden. Zu der ersten Versuchsreihe wurde der Henley'sche Auslader in der Weise benutzt, dafs der eine der beweglichen Arme die stumpfe Platinnadel, der andere eine senkrecht zu ihm stehende Kupferplatte trug; der letztere hatte eine Theilung in Millimetern mit Nonius, um $0^{mm},1$ abzulesen; die Dicke der Platinanadel betrug $0^{mm},6$. Der Arm mit der Nadel trat, je nach den Versuchen, bald mit dem positiven, bald mit dem negativen Conductor in Verbindung. Die Ableitungen geschahen durch einen grofsen eisernen Ofen, da Röhrenlei-

tungen nicht im Hause vorhanden waren. Auf der Kupferplatte von nahe 4 Quadratzoll wurden Flächen Cartonpapiers in derselben Gröfse mittelst Adhäsion des darauf gebrachten Wassers festgehalten und auf diese dann Iodkaliumlösung mit einem Haarpinsel aufgetragen.

Es sollte ermittelt werden, welche Figuren entständen, wenn die Nadel in bestimmten Entfernungen vom Papier sich befand, je nachdem man positive oder negative Elektricität anwandte und die durch eine mit der Kupferplatte verbundene Maafsflasche festgestellte Quantität sich änderte. Die Entfernung der Kugeln der Maafsflasche betrug bei den meisten Versuchen $2^{mm},1$; einige Male $1^{mm},3$, dann auch 3^{mm} und $4^{mm},2$. Es ergab sich eine Schwierigkeit, welche einer genauen Bestimmung hinderlich war, aus der nicht zu controlirenden Befeuchtung des Papiers; die Einwirkung der Elektricität begann immer dann, wenn die Feuchtigkeit einigermafsen verschwunden schien; doch blieb es nicht aus, dafs zuweilen das Papier zu feucht oder zu trocken war, wodurch Unregelmäfsigkeiten entstanden, die sich aber durch die grofse Zahl der Versuche wieder ausgleichen liefsen. Mittelst dieser Methode ist eine Reihe von etwa 200 Versuchen angestellt worden. Die erhaltenen Figuren übersandte ich dem Hrn. Prof. Riefs, der mir den Namen »elektrische Iodfiguren« vorzuschlagen die Güte hatte, welchen ich, da er mir der passendste zu seyn schien, gern angenommen habe.

Ich stellte bald darauf eine zweite Versuchsreihe unter günstigeren Bedingungen auf. Da ich glaubte, dafs das abwechselnde Verbinden mit dem positiven und negativen Conductor ungleiche Figuren hervorrief, so brachte ich zwischen die beiden Säulen des Ausladers eine dritte isolirende Glassäule, versah sie oben mit einer Metallklemme, in welche ich eine auf beiden Seiten gleichmäfsig geschliffene Kupferplatte senkrecht hineinschob, so dafs auf jeder der beiden Seiten mittelst Wasser ein Blatt Cartonpapier befestigt werden konnte. Der zweite Arm des Ausladers erhielt ebenfalls eine Theilung in Millimetern mit Nonius,

und beide Arme Ansätze mit verschiedenen Spitzen als Einsätzen. Auf diese Weise war es möglich Figuren unter fast gleichen Umständen zu erhalten. Es sind hiermit etwa 150 Paare von Figuren hergestellt in den verschiedensten Abänderungen. Die stumpfen Platinnadeln wurden von verschiedener Stärke bis zu zwei Millimetern gewählt; ferner feine Stahlnadeln eingesetzt; dann auch ist die Kupferplatte ganz fortgelassen und nur ein doppeltes zusammengeklebtes oder auch ein einfaches Blatt zwischen die Spitzen gebracht; kurze Metall-Leitung und Röhren destillirten Wassers wurden gebraucht; die Quantitäten bald mittelst der Maafsflasche, bald nach der Zahl der Umdrehungen bestimmt; auch wurde wieder mit der Aufstellung am positiven und negativen Conductor gewechselt. Das Gesammtresultat war dieses, dafs immer mehr oder weniger deutlich unterschiedene Figuren entstanden je nach dem Austritt und Eintritt des elektrischen Stroms.

Die ersten Versuche sind im Februar 1861 angestellt worden, doch damals wegen Mangel an Zeit nicht näher untersucht. So ist es gekommen, dafs dieselben sich bis zum nächsten Winter hinzogen; inzwischen ist die Abhandlung des Hrn. Prof. Riefs über Ringfiguren (Pogg. Ann. Bd. CXIV, S. 199) erschienen; deshalb setze ich wegen der Benennung positiver und negativer Figuren und betreffs näherer Begründung diese Abhandlung hier voraus, um nicht dort Gesagtes hier wiederholen zu müssen. Sind daher die am Schlufs gegebenen Andeutungen zur Erklärung der Figuren richtig, so verdanke ich dieselben lediglich den von Hrn. Riefs gegebenen Auseinandersetzungen, da ich ohne dieselben nicht zu solchen Schlufsfolgerungen gelangt wäre. Die Versuche sind im Folgenden nach dem Abstand der Nadeln geordnet, weil dieser bei der Entstehung der Figuren am meisten maafsgebend zu seyn schien.

§. 1.

Wenn die Nadeln unmittelbar das Papier berührten, so zeigten sich die bekannten Erscheinungen. Die Quantitäten q sind hierbei wie zum Theil bei den folgenden Ver-

hen von 1 ab bis 6, dann gleich 8, 10, 12, 16 genom-
n. Im Sinne der Ringfiguren von Hrn. Riefs entste-
nur negative Figuren, aber keine positiven bei unmit-
barer Berührung, da in diesem Falle die positive Elek-
ität oder der in die Fläche eintretende Strom eine Zer-
zung des Iodkalium bewirkt und die Färbung des Papiers
anlafst. Charakteristisch ist hier schon eine unregelmä-
ge Gestalt der Figur, analog den Lichtenberg'schen
d Ringfiguren, die bei gröfserem q sich mehr zu verlie-
scheint. Die Figuren nehmen zu je gröfser q ist, vor-
gesetzt, dafs die Lösung die Zunahme durch Eintrocknen
ht hindert; Messungen sind nicht vorgenommen, da die
rsuche, von manchen leicht zu controlirenden Umständen
hängig, keine hinreichende Genauigkeit gewährten.

§. 2.

Sobald die geringste Entfernung d vom Papier eintritt,
erscheinen unter allen Umständen zwei Figuren, die sich
stimmt von einander unterscheiden lassen, sey es, dafs
selben getrennt an jeder Elektrode dargestellt oder gleich-
tig auf zwei Flächen oder auf demselben Papierblatte
beiden Seiten ohne Metallplatte erhalten werden. Auch
Art der Leitung ist ohne wesentlichen Einfluss. Es lie-
Versuche vor mit kurzer Metallleitung und Wasserlei-
g vor oder nach dem Austritt des Stromes, bei welchen
Figuren sich höchstens in der Gröfse von einander un-
scheiden lassen; deshalb ist die Wasserleitung später auch
niger zur Anwendung gekommen, indem sich ergab, dafs
Verzögerung des Stroms schwächere Figuren erzeugte.
sselbe geschah auch, wenn statt der Maafsflasche eine
ecte Ableitung mit der Erde da war; aus diesem Grunde
erwiegen die Versuche mit der Maafsflasche. Die fol-
den Ergebnisse gelten zunächst von einer Versuchsreihe
$d = 0{,}2$; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1^{mm} und $q = 1$, bis 6, 8,
12, 16. Die positiven Figuren sind in der Farbe schwä-
r als die negativen; legt man eine Reihe positiver und
gativer Figuren nebeneinander, so läfst sich ziemlich si-

cher die Reihe der negativen von den positiven Figuren durch dunklere Färbung unterscheiden, wenn von den unvermeidlichen Einwirkungen des Feuchtigkeitsgrades abgesehen wird. Beide Figuren bestehen aus einem dunkleren Theil, der *Scheibe*, mit hellerem *Saum*. Die Scheibe der negativen Figuren erscheint gröfser, der Saum kleiner als bei den positiven Figuren. Die Gestalt der negativen Scheibe ist unregelmäfsig, zackig mit Neigung zur Strahlenbildung; die der positiven vollkommen rund in Scheibe und Saum. Je gröfser q desto gröfser die Figuren, desto mehr verschwindet aber auch der Unterschied zwischen beiden, da die Zersetzung die gezackten oder strahligen Ränder der Scheibe der negativen Figuren mehr ausfüllt, während der Saum in beiden nicht verschieden ist. Ob die positive Figur gröfser sey, läfst sich kaum entscheiden; man ist nach den vorliegenden Figuren geneigt es anzunehmen.

§. 3.

In der Versuchsreihe $d = 1{,}5$ und $d = 2$ treten dieselben charakteristischen Unterschiede noch deutlicher auf. Fast in allen Figuren sind die positiven vollkommen gerundet. Bei kleinerem q ist der Unterschied beider Arten auffallender; bei gröfserem q erscheint der Saum der negativen Figuren verhältnifsmäfsig von geringerer Breite als der der positiven, die dunklere Scheibe dem entsprechend gröfser. Auch kommen von $d = 2$ ab bei geringem q in den negativen Figuren mehrere Flecke, welche, wenn man die einzelnen Figuren mit wachsendem q verfolgt, die Entstehung derselben erkennen lassen. Die Flecken bilden sich immer an denjenigen Stellen der Elektrode, in die einzelne Funkenstrahlen eintreten; wächst dann q, so füllt sich der dazwischenliegende Raum aus, doch lassen sich die Spuren davon auch noch bei gröfserem q erkennen; zugleich beginnt hiermit eine strahlenförmige Ausbreitung, deren Spuren jedoch nur schwach sind. Achtet man auf die Funkenlinien genauer, so nehmen die der negativen Elektrode *immer* den kürzesten Weg, die der positiven aber *meist die Richtung* nach der Seite; bei der ersteren ist es

auch meist nur eine gerade Linie, während bei der letzteren fortwährend 2 bis 3 Funkenlinien sichtbar sind; daher zeigt sich bei den positiven Figuren, die unter den negativen Elektroden entstehen, nie eine fleckenartige Bildung, sondern, sobald die Maschine in Bewegung gesetzt wird, erblickt man die dunkle runde Scheibe mit hellem Saum, welche sich mit wachsendem q nach aufsen concentrisch vergröfsert, so dafs der helle Saum in die dunkle Scheibe übergeht und sich wieder mit einem neuen Saum umgiebt, der sich immer mehr gegen den äufseren Rand hin verwäscht, was weniger der Fall bei den negativen Figuren ist. Geringere Unterschiede zeigen sich bei Anwendung der Stahlnadeln; doch ist der Charakter der negativen Figuren entschieden strahlig, wenn auch mehr verwaschen wie beim Gebrauch der Platinnadeln. Die Anwendung positiver oder negativer Conductoren giebt nur in sofern andere Figuren, als jene selbst bei jeder Maschine Elektricität von verschiedener Stärke liefern. Auch ist es gleichgültig wenn die Kupferplatte fortgelassen wird. Doch sind auch hier die positiven Figuren gröfser als die negativen. Wurde der Funkenstab auf $\frac{1}{2}''$ vom Conductor entfernt, so entstanden nur schwache abgeblafste Figuren.

§. 4.

Auffallende Unterschiede ergaben sich für $d = 2{,}5$ und 3. Die negativen Figuren bestehen, wenn q gering genommen wird, aus drei dunkleren Flecken, die sogleich beim Beginn des Stroms auftreten; sie erhalten bei wachsendem q, selbst stärker werdend, abgeblafste Strahlen, welche jedoch nur schwach hervortreten, in einzelnen Figuren schon deutlicher. Die positiven Figuren verlieren mehr die kreisrunde Form, ihr blasser Saum vergröfsert sich. Die Anwendung stärkerer Platinnadeln, welche sich bis zur Stärke von 3^{mm} erstreckte, ergab zuletzt keine deutlich unterschiedenen Figuren mehr, dahingegen Stahlnadeln noch verschiedene Figuren entstehen lassen, obgleich weniger deutlich, wie die am *meisten benutzten Platin*nadeln von $0^{mm},6$ Durchmesser. *In der Farbe gleichen sich die* Figuren jetzt mehr aus; in

der Gröfse übertreffen die positiven Figuren im Durchschnitt die negativen.

§. 5.

Die am stärksten unterschiedenen Figuren liegen zwischen $d = 3$ und $d = 8$; darüber hinaus werden die Einwirkungen bedeutend schwächer, wenn sich die Unterschiede auch noch nicht verwischen. Die meisten Versuche sind für $d = 5$ und 6 angestellt, die nachher besonders besprochen werden sollen. An Umfang nehmen die Figuren gegen die in §. 4 erwähnten zu; die negativen zeigen schon von $q = 1$ ab die strahlige Form neben den Flecken; diese selbst sind aber im Anfang ihrer Entstehung nicht mehr so intensiv wie früher gefärbt; die positiven büfsen ihre runde Form immer mehr ein; die Abschwächung des Saums nimmt fortwährend aber langsam zu. Die verschiedenen Modificationen der Versuche, wie Weglassung der Maafsflasche, Entfernung des Funkenstabes vom Conductor oder Wasserleitung geben schwächere Figuren; auch ist die Wahl des Conductors nicht ganz gleichgültig, wie schon oben erwähnt, obgleich manche eintretende Unterschiede als zufällige anzusehen sind; die meist vom Feuchtigkeitsgrad des Papiers herrühren. Entstehen die Figuren gleichzeitig auf einem Blatte mit Weglassen der Metallplatte, so wird die Einwirkung oft auf der ganzen Fläche sichtbar und die Säume vergröfsern sich; ähnliche Wirkungen zeigten sich, sobald die Entfernung der Kugeln der Maafsflasche das Doppelte der gewöhnlichen Entfernungen für q betrug. Es läfst sich sagen, dafs dann $q_2 = 4$ etwa dieselbe Wirkung äufsert wie $q = 8$, oder $q_2 = 5$ dasselbe bewirkt wie $q = 10$. Die strahlenförmige Bildung nimmt mit wachsender Entfernung immer mehr zu. Die schönsten Figuren, deren Zeichnung sich nicht gut wiedergeben läfst, liegen innerhalb der Gränzen $d = 4$ bis $d = 6$ und $q = 4$ bis $q = 16$. In den negativen Figuren finden sich drei büschelförmige Hauptstrahlen, dazwischen oft hellere wenig afficirte Streifen abwechselnd wieder mit kürzeren dunkleren *Strahlen.* Die positiven Figuren entstehen in derselben

Weise wie vorher; bei gröfserem q eine dunkle nicht mehr kreisrunde, sondern mehr längliche Scheibe mit entsprechendem Saum.

§. 6.

Um alle Umstände genauer zu prüfen, wurden zwei gröfsere für sich bestehende Versuchsreihen aufgestellt. Die eine für $d = 6$ unter verschiedenen Bedingungen, hauptsächlich mit einer Quantität $q = 4$, zuweilen auch $q = 8$. Die gewöhnliche Reihe wurde zuerst angefertigt für $q = 1$, 2, 4, 8, 12. Die Figuren werden im Ganzen gegen die für $d = 5{,}5$ noch umfangreicher; die Unterschiede sind wieder dieselben; bei einzelnen positiven Figuren entstanden strahlige Zeichnungen, doch waren diefs nur zufällige Bildungen, da sie später wieder aufhörten, als die Nadeln auf einer feinen Polirfeile und mit Smirgel abgeschliffen wurden um zu ermitteln, ob die Beschaffenheit der Endflächen einen Einfluſs auf die Bildung der Figuren haben könnte. Dies bestätigte sich hierdurch allerdings, sobald die Endflächen rauh und uneben waren. Auch bei Umstellung der Nadeln zeigte sich eine ähnliche Erscheinung, doch sind diese Einflüsse nur secundärer Natur, welche das Hauptergebnifs nicht weiter umändern können. Wurde der Funkenstab von dem Conductor um $\frac{1}{8}$ oder $\frac{1}{4}$ Zoll entfernt, so hörten die Unterschiede völlig auf, so dafs bei fehlender Angabe der Bedingungen die Bedingungen nicht mehr zu erkennen waren. Wurde Wasserleitung entweder zwischen Funkenstab und der isolirten Nadel oder zwischen der abgeleiteten Nadel und Maafsflasche benutzt, so waren die Wirkungen auf die negativen Figuren bedeutend schwächer, besonders in der ersten Verbindung; bei den positiven zeigte sich keine wesentliche Aenderung. Die Entfernung der Maafsflasche und die Anwendung einer entsprechenden Anzahl von Umdrehungen liefs die negative Figur mehr verwaschen auftreten, wenn auch die Strahlenbildung nicht fehlte. Bei Vergröfserung der Entfernung der Kugeln der Maafsflasche bis auf 3^{mm} und $4^{mm},2$ erscheinen Figuren, welche mit *den bei einer Entfernung* von $2^{mm},1$ gebildeten

übereinstimmen, wenn für die letzteren q entsprechend gröfser genommen wird. Die Stahlnadeln geben immer noch unterscheidbare Figuren, doch möchten sie, wenn eine vollkommene Herstellung verlangt wird, kaum weiter in Betracht kommen. Die Benutzung des Conductors des Reibzeuges übt einen Einflufs auf die Gröfse der Figuren aus; auch entbehren die so entstandenen negativen Figuren der deutlicheren und gröfseren Strahlung, und die positiven behalten auffallend häufig ihre runde Gestalt. Es hängt diese Erscheinung mit dem Verhältnifs der Dichtigkeiten beider Conductoren zusammen, da die Elektricität des Conductors des Reibzeuges bei der benutzten Maschine geringer ist als die des positiven Conductors. Deshalb müssen diese Figuren mit solchen des positiven Conductors verglichen werden, bei deren Entstehung der Abstand der Nadeln geringer gewählt wurde. Ein ähnliches Resultat ergiebt sich, wenn die Kupferplatte fortgelassen und die Figuren auf beiden Seiten des Papiers hergestellt wurden. In diesem Falle sind die positiven Figuren, welcher Conductor auch gewählt wird, von augenscheinlich runder Gestalt mit allmähligem Uebergang der Farbe von dunkel zu hell; die negativen Figuren sind hingegen am positiven Conductor deutlicher ausgeprägt.

Die Versuche, welche für die Entfernung $d = 7, 8, 9, 10$ und verschiedenem q vorliegen, sowohl mit stumpfen Nadeln als mit Spitzen, zeigen mehr noch in den negativen als in den positiven Figuren eine Abnahme der Farbenstärke und der deutlichen Strahlung. Die Gröfse beider Arten nimmt von $d = 8$ ab nicht mehr zu, welche Nadeln auch zur Anwendung kommen, so dafs hiermit die Gränze der Vergröfserung deutlich zu unterscheidender Figuren erreicht ist, daher auch die Versuche abgebrochen werden konnten.

§. 7.

Die zweite Reihe verfolgte die Einflüsse der Länge der Nadel, noch genauer den Einflufs der Abstumpfung derselben und die Beschaffenheit der Figuren auf derselben Seite

des Papierblattes; diese letztere Herstellung konnte ohne gänzliche Umänderung des Apparates nicht gemacht werden, weshalb es genügend erschien, wenn überhaupt nachgewiesen wurde, dafs die erhaltenen Figuren mit den früheren übereinstimmten. Die hiezu allein benutzten Platinnadeln hatten eine Länge von 2 Centimetern; sie waren an zwei Messingstücken, welche in zwei Hülsen der Arme eingesetzt wurden, festgelöthet und ihre Entfernung, welche sich für diese Reihe gleichblieb, betrug 5^{mm}. Nachdem sie vollständig in Siegellak eingeschmolzen waren, wurden beide so abgeschliffen, dafs die Oberfläche der stumpfen Nadeln allein zum Vorschein kam. Unter diesen Umständen waren die Figuren fast gar nicht zu unterscheiden; oft auch zeigte sich eine Reihe angehäufter Flecke, welche, einzeln betrachtet sich ähnlich wie die bei kleinen Entfernungen der Nadeln entstandenen Figuren verhielten; die positiven Flecke mehr rund, die negativen gezackt mit schwachem Saum. Nach einander kam hiebei Metall-Leitung mit und ohne Maafsflasche zur Anwendung, Wasserleitung zwischen Zuleiter und Conductor oder zwischen Ableiter und der zweiten Nadel; auch wurden die Nadeln vertauscht und die Oberfläche derselben durch Schleifen verändert. Durch das Schleifen erhielt man Figurenpaare, welche von einander in der Gestalt abwichen, doch ist diese Abweichung nicht von Belang. Nachdem die Nadeln nach und nach auf eine Entfernung von $0^{mm},5$; $1^{mm},5$; 4^{mm} und 8^{mm} entblöfst waren, so zeigte sich eine Reihe von Figuren, welche keine charakteristischen Unterschiede hatten, ja oft täuschende Aehnlichkeit besafsen; erst bei einer Länge von 4^{mm} kamen die früher erwähnten Kennzeichen wieder zum Vorschein. Es läfst sich hieraus ersehen, dafs die Länge der Spitzen, um deutlich unterschiedene Figuren zu erhalten, nicht übersehen werden darf, dafs die Oberfläche der beiden Nadeln möglichst gleich beschaffen seyn mufs und dafs eine sorgfältige Reinigung für das Gelingen der Figuren nothwendig ist.

Hieran schlossen sich Versuche zur Bildung von Figuren

auf derselben Seite eines Blattes; die Figuren boten auch hier ganz dieselben schon so oft erwähnten Unterschiede dar.

Eigenthümliche Erscheinungen zeigten sich noch, wenn zwei Röhren von etwa 3^{mm} Durchmesser, welche platt abgeschliffen wurden, statt der Nadeln zur Anwendung kamen. Die negativen Figuren bildeten einen vollständigen Ring, die positiven hingegen hatten diesen nur zur Hälfte oder drei Viertel vollendet; beide Ringe bestanden aus einer Reihe von Flecken mit denselben Unterschieden. Es hängt der vollständige Ring der negativen, und der nur zum Theil gebildete Ring der positiven Figuren jedenfalls mit der Richtung zusammen, welche die Funkenlinien in deutlicher, aber bei beiden Figuren verschiedener Weise einschlagen, wie es schon früher erwähnt wurde.

Endlich schliefsen sich hieran noch solche Figuren, welche in der Weise hergestellt wurden, dafs sich eine Kupferplatte in bestimmter Entfernung unter dem Platinstift fortbewegte; freilich konnte diese Bewegung nur mit der Hand ausgeführt und die Entfernung nur mit dem Auge abgeschätzt werden. Doch auch so erschienen charakteristische positive und negative Figuren. Erstere bestanden aus einem gleichmäfsig laufenden Strich, der als eine aneinandergefügte Reihe von einzelnen positiven Figuren mit kleinem *q* anzusehen ist. In den negativen Figuren erschienen zwei parallele Striche, der eine bedeutend dunkler als der andere und dazwischen ein hellerer; diese Bildung deutet auf die erwähnte Entstehung von Flecken bei kleinem *q* hin, indem die Funkenlinien bei dem Eintritt in die Fläche nie den kürzesten Weg nehmen, wie dies beim Austritt der Fall ist; da der eine Strich dunkler ist wie der andere, so mufs hier die Funkenlinie häufiger überspringen als im helleren Strich. Bewegt man nun die Platte oder die Nadel fort, so ist diese Entstehung der Striche leicht genug zu erklären.

§. 8.

Handelt es sich daher darum in Gemäfsheit aller in §. 1 *bis §. 7 erwähnten* Versuche eine gute positive und nega-

tive Figur mit Sicherheit herzustellen, so werden folgende Bedingungen zu beachten seyn. Man wähle zwei Papierflächen auf einer Kupferplatte oder eine ohne die Platte, so dafs die Nadeln von beiden Seiten gegen dieselben gerichtet werden. Die Maafsflasche, wenn sie zur Anwendung kommen soll, kann auf die Entfernung von 2 bis 3^{mm} gestellt werden; die Leitungsdrähte sind möglichst kurz oder es ist überhaupt eine gute Leitung in genauer Verbindung mit dem Conductor anzuwenden. Die Nadeln müssen eben mit stumpfer Kante abgeschliffen seyn bei etwa einem Durchmesser von 0,5 bis 0^{mm},7 und einer Länge von 10 bis 20^{mm}; ihre Entfernungen betragen, um strahlige negative Figuren zu bilden, 4 bis 6^{mm} vom Papier, um mehr zackige herzustellen 0,5 bis 2^{mm}. Der positive Conductor ist nach allen Versuchen vorzuziehen, so dafs also der Strom zuerst in das Papier eintritt, und hernach austritt: die Lösung wird mäfsig concentrirt genommen und gleichmäfsig aufgetragen. Wenn alle diese Bedingungen erfüllt werden, so entstehen die Figuren mit grofser Sicherheit in der gewünschten Vollkommenheit. In wie weit dieselben sich durch Inductionsströme hervorrufen lassen, konnte bei den beschränkten Mitteln hieselbst nicht untersucht werden.

§. 9.

Die bisherigen Resultate kurz zusammengefafst, würden also folgende seyn. Wenn zwei stumpfe Platinnadeln, von denen die eine mit dem Conductor des Saugers, die andere ebenfalls isolirt mit der Maafsflasche oder direct mit der Erde leitend verbunden wird, gegen zwei mit Iodkaliumlösung befeuchtete Papierflächen auf beiden Seiten einer isolirten Metallplatte oder gegen beide Flächen eines isolirten Papierblattes oder gegen dieselbe Fläche eines solchen Blattes gerichtet werden, so entstehen, sobald die Nadeln sich in der geringsten Entfernung vom feuchten Papier befinden, beim Eintritt und Austritt des Stroms eine negative und positive elektrische Iodfigur. Diese sind in der Form unter den oben erwähnten günstigen Bedingungen genau und von einander *unterschieden*, in der Farbe nur bei klei-

neren Entfernungen und noch weniger deutlich in der Gröfse, sowohl im Ganzen als in ihren einzelnen Theilen. Die negative Figur ist strahlenförmig, die positive rund oder länglich rund; beide haben eine dunklere Scheibe, umgeben von einem hellen Saum, welcher der Form der Scheibe im Allgemeinen folgt, jedoch in den negativen Figuren die Strahlen nach aufsen hin mehr abrundet. Die negativen Figuren sind zugleich bei kleineren Entfernungen der Nadel dunkler gefärbt. Um die Verschiedenheit in der Gröfse einigermafsen zu ermitteln, ist es zweckmäfsig die Figuren nach der Gröfse des d zu trennen, da in denjenigen Versuchsreihen, in welchen die Strahlenform der negativen Figuren überwiegend auftritt, selbstverständlich keine Vergleichung der Gröfse derselben mit derjenigen der positiven stattfinden kann. Wenn man daher die Figuren von $d = 3$ ab, in denen die Strahlenbildung der negativen Figuren besonders hervortritt, von denen, welche bis $d = 3$ entstehen, scheidet, so scheint im Allgemeinen die Gröfse der positiven die der negativen zu übertreffen. Eine Uebereinstimmung mit den Ringfiguren, wenn auch die Thatsache selbst davon abweicht, ist in gewisser Weise da, in sofern kleinere Mengen Elektricität zur Herstellung der positiven Figuren erforderlich sind und die Scheibe der negativen stärker als die der positiven, der Saum hingegen bei den ersteren von geringerem Umfang ist. Wenn auch manche Figuren hierin abweichen, so mufs dies immer der Unsicherheit in dem Feuchtigkeitsgrade des Papiers zugeschrieben werden. Als entscheidende Thatsache darf ich dieses Verhältnifs aber nicht hinstellen, zumal die Genauigkeit meiner Instrumente auch nicht hinreichend seyn würde; ebenso wenig kann ich eine Erklärung darüber abgeben, möchte aber darauf hindeuten, ob nicht dieselbe nach Anstellung genauer Versuche sich finden lasse, wenn man die Ströme berücksichtigt, welche nach der Auseinandersetzung des Hrn. Prof. Riefs in seiner Abhandlung über die Ringfiguren auf der Platte stattfinden.

An der positiven (Papier-) Elektrode finden die chemi-

schen Einwirkungen des Ozons und der Salpetersäure statt; an der negativen Elektrode ist aufserdem noch eine elektrolytische Wirkung, welche um so stärker angenommen werden kann, je näher die Nadel dem Papier steht. Wenigstens scheint dies daraus hervorzugehen, dafs die Unterschiede der Färbung, welche in den negativen Figuren bei kleineren Figuren stattfinden, bei gröfseren Entfernungen verschwinden. Oder sollte aufserdem auch eine verschiedene Färbung noch abhängig davon seyn, ob, je nach der Lagerung der Sauerstoff- und Stickstoffatome der Luft, die Entstehung von Ozon und Salpetersäure an beiden Elektroden in abweichender Weise stattfinde?

Nach den bis jetzt erhaltenen Versuchen dürfte der Nachdruck wohl allein auf die Unterschiede in der Zeichnung gelegt werden. Wir treffen hier eine so vollkommen ausgeprägte Erscheinung an, welche in entschiedener Analogie mit den Lichtenberg'schen Figuren und Ringfiguren steht. Ohne das von Hrn. Prof. Riefs in seiner schon öfter erwähnten Abhandlung §. 16 Gesagte zu wiederholen, lassen sich die Strahlen der negativen Figur auf dieselben Gründe zurückführen. Vergleicht man die Verhältnisse, unter denen die drei Arten Figuren gebildet werden, so bieten die elektrischen Iodfiguren die günstigsten Bedingungen zur Strahlenbildung der negativen und zu der mehr runden Abgränzung der positiven Figuren dar, da hier eine die isolirende Substanz oder Metallplatte ersetzende Papierfläche mit und ohne Metall von einer für elektrische Einwirkung so empfindlichen Lösung durchzogen ist und die Luft mittelst des Wassers von Dämpfen erfüllt ist, so dafs beim Anfang der Umdrehung der Maschine augenblicklich die Färbung beginnt. Sind die Entfernungen klein, so zeigen die negativen Figuren zackige Bildung, welche allmählig mit wechselnder Entfernung in deutlich ausgeprägte Strahlung übergeht, während die positiven Figuren vollkommen rund in entsprechendem Verhältnifs diese Form in eine länglich gestreckte, wenn auch *nicht immer*, verwandeln.

Die Richtung der Nadeln gegen die Fläche änderte

nichts; aber hiemit steht die in §. 7 erwähnte Erscheinung in Widerspruch, da durch das Bedecken der Nadel mit Siegellack oft ganz gleiche oder doch nur wenig unterschiedene Figuren dargestellt wurden. Doch müfste auch hier noch eine genauere Untersuchung, als wie ich sie anstellen konnte, entscheiden.

Die verschiedenen Wege der Funkenlinien beim Eintritt und Austritt des Stromes zeigten sich in ähnlicher Weise, wie es schon von Hrn. Prof. Riefs angegeben worden ist.

VIII. *Ueber die Zustände in denen das Silber bei der Reduction seiner Salze auf nassem Wege auftritt*[1]*); von Hermann Vogel.*

Bei der Reduction von festen oder gelösten Silbersalzen auf nassem Wege treten die ausgeschiedenen Silbermassen unter verschiedenen Umständen mit verschiedenen Eigenschaften auf, die man in speciellen Fällen schon seit längerer Zeit beobachtet hat.

Jedermann kennt das durch Einwirkung von Eisenvitriol auf Silbersalzlösungen gewonnene Silberpulver, oder die durch Reduction von feuchtem Chlorsilber mittelst Zink gewonnene graue schwammige Masse, oder den durch verschiedene Reductionsmittel erzeugten Silberspiegel.

Noch Niemand hat aber bisher die Aehnlichkeiten und Unterschiede zwischen diesen so verschieden erscheinenden Silbermassen und die Ursache ihrer Bildung zu erforschen gesucht. Verschiedene photographische und Spiegelversilberungsversuche lehrten mich, wie wichtig es sey, diese Lücke in unsern Kentnissen auszufüllen, und veranlafsten mich zu einer Reihe zahlreicher Versuche, deren Ergebnisse ich hiermit veröffentliche.

1) Auszugsweise in d. Monatsber. d. Berl. Akad. d. Wiss. vom Mai 1862.

Ich wandte zu diesen Versuchen theils feste Silbersalze, theils wässerige oder ammoniakalische Lösungen, die gewöhnlich ein Procent Silbersalz enthielten, an. Die von mir geprüften Silbersalze waren: salpetersaures, schwefelsaures und essigsaures Silberoxyd (von den beiden letzteren wurden gesättigte Lösungen genommen), Chlor-, Brom- und Iodsilber. Als Reductionsmittel benutzte ich: Zink, Eisen, Blei, Kupfer, eine galvanische Batterie von zwei Bunsen'schen Elementen, die mir Hr. Prof. Poggendorff gütigst zur Verfügung stellte, und verschiedene organische Substanzen.

I. Einwirkung der Metalle und des galvanischen Stromes auf Silbersalzlösungen.

Taucht man in eine Lösung eines der oben erwähnten Silberoxydsalze die Pole einer galvanischen Batterie, so überzieht sich der negative Pol bald mit einer theils schwarz, theils grau erscheinenden Masse. An den Stellen wo die Stromstärke gering ist, bildet sich ein grauer, wo sie stark ist, ein schwarzer Niederschlag. Der schwarze Niederschlag ändert theils beim Oeffnen der Kette, theils freiwillig, theils beim Benetzen mit Säuren seine Farbe in grau um. Ebenso verhält sich eine ammoniakalische Lösung von salpetersaurem Silberoxyd.

Alle diese Erscheinungen hat Poggendorff schon ausführlich untersucht und beschrieben (dessen Annal. Bd. 75 S. 337). Meine Untersuchungen haben seine Angaben in allen ihren Einzelheiten bestätigt. Aehnliche Erscheinungen, wie die oben angeführten, beobachtet man auch beim Eintauchen von Zink, Eisen, Kupfer oder Blei in die genannten Silberlösungen. Auch hier bildet sich zuerst ein tief sammetschwarzer Niederschlag, der sich in Form eines Bartes an das Metall legt und blumenkohlartig weiter wächst. Dem schwarzen Niederschlag folgt bald ein sich daran hängender grauer und endlich erscheinen glänzende silberweifse Dendriten. *Am schönsten sieht* man diese Erscheinungen *bei Einwirkung des Zinks* auf Silberlösungen.

Eisen giebt in salpetersaurer Silberoxydlösung, selbst wenn es blank gefeilt ist, keinen schwarzen Bart, wohl aber glänzende weifse Flitter von Silber. Dieses Verhalten rührt von seiner Passivität her und ist schon von Keir (*Phil. Transact.* 1790, *p.* 350) beobachtet worden. Kurzes Eintauchen in verdünnte Schwefelsäure oder Salzsäure und nachheriges Abwaschen mit Wasser raubte dem Eisen diese Eigenschaften. Es verhält sich alsdann ganz wie Zink. Mit schwefelsaurem und essigsaurem Silberoxyd giebt das Eisen sogleich einen schwarzen Niederschlag. Kupfer giebt in allen diesen Lösungen einen Niederschlag, der sich von dem durch die übrigen Metalle erzeugten nur durch seine etwas hellere, ins Graue spielende Farbe unterscheidet.

Ein etwas oxydirter Kupferstreifen verhält sich passiv wie das Eisen.

Die so erhaltenen schwarzen und grauen Niederschläge bilden im nassen Zustande schwammige, gewaschen und getrocknet pulvrige, matte Substanzen. Die Farbe der schwarzen Massen variirt vom tiefsten Sammtschwarz bis Schwarzgrau; die grauen Massen zeigen nur geringe Unterschiede in der Nüance. Die schwarzen Niederschläge ändern ihre Farbe sehr bald in Grau um

1) freiwillig. Dieses Grauwerden findet nicht immer durch die ganze Masse statt, manche Theile der schwarzen Flocken werden plötzlich grau, andre bleiben schwarz; dasselbe geschieht beim Erschüttern des Niederschlags. Sehr schnell und vollständig erfolgt das Grauwerden beim Auswaschen auf dem Filter.

2) durch verdünnte Säuren. Bei Anwendung von Mineralsäuren erfolgt dieses Grauwerden sehr schnell; langsamer wirkt Essigsäure; das dadurch grau gewordene Silber zeigt stets eine dunklere Nüance als die durch unorganische Säuren erzeugten grauen Massen. Unter Silberlösung aufbewahrt, behalten die schwarzen Massen ihre Farbe oft lange bei, sie werden dadurch sogar beständiger und *nehmen* nachher nur langsam mit Säuren einen grauen Far-

benton an. Die einmal grau gewordenen Massen werden durch kein Mittel wieder schwarz.

Bei diesem Uebergange von schwarz in grau ist weder eine Gasentwicklung noch eine Aenderung der Form zu bemerken. Durch Drücken mit einem Glasstabe werden alle diese Niederschläge glänzend silberweifs. Sie lösen sich leicht in Salpetersäure und ergeben sich als reines Silber. Nur in einzelnen Fällen liefsen sich Spuren fremder Metalle darin nachweisen.

Ich untersuchte nun die sämmtlichen so erhaltenen Niederschläge unterm Mikroskop bei 360facher Vergröfserung.

Der schwarze Niederschlag, der sich bei den beschriebenen Versuchen zuerst bildete, bestand aus sehr feinen Nadeln, die theils einzeln lagen, theils, in einander verfilzt, spiefsige Flocken bildeten. Bei genauerer Betrachtung erwiesen sich diese Spiefse und Nadeln als Theile mehr oder weniger vollkommen ausgebildeter sehr feiner federförmiger Gestalten, die ganz das Ansehen des natürlichen regelmäfsig baumförmigen Silbers zeigten. Aufserdem erschienen regelmäfsig sechsseitige und vierseitige Körnchen von sehr verschiedener Gröfse, offenbar Octaëder. Der Durchmesser eines solchen Hexagon's war 0″,00017, eines andern 0″,0006. Die Kanten dieser Körner sowohl als auch der Nadeln erschienen wegen der daran auftretenden ein- und ausspringenden Winkel rauh.

Die grauen Massen, die sich *nach* Ablagerung der schwarzen bei der Reduction absetzen, bestehen ebenfalls aus regelmäfsig baumförmigen Gestalten. Nur sind dieselben gröfser und von schönerer Ausbildung. Sie bilden ähnlich den Kupferkrystallen, die G. Rose in seiner Reise nach dem Ural beschreibt, Theile eines sechsstrahligen Sterns, dessen Arme einen Winkel von 60° mit einander bilden und kleinere Aeste tragen, die unter demselben Winkel angesetzt sind. Manche dieser Gestalten erschienen gekrümmt. Die einzelnen Krystalle, aus welchen dieser Stern zusammengesetzt *war, liefsen sich* bei den gröfseren Gestalten

der Art sehr schön erkennen. Sie bestanden aus einzelnen, in der Richtung der rhombischen Zwischenaxe an einander gereihten Octaëdern und Combinationen von Octaëdern und Dodecaëdern. Die Enden der Strahlen erschienen stets regelmäfsig sechsseitig und die Ecken der Hexagone mitunter abgestumpft.

Aufser diesen regelmäfsig baumförmigen Gestalten beobachtete ich mitunter auch vierstrahlige Anordnungen, wahre gestrickte Formen, wie sie sich auch beim natürlichen Silber finden.

Der schwarze Niederschlag unterscheidet sich demnach von den später sich ausscheidenden grauen nur durch die Gröfse der einzelnen Krystallgestalten.

Die glänzenden weifsen Flitter, welche passives Eisen und Kupfer in Höllensteinlösung erzeugen, bestehen ebenfalls aus sehr schön ausgebildeten regelmäfsig baumförmigen Gestalten.

Ein eigenthümliches Ansehen bot der mit Hülfe der galvanischen Batterie sowohl als auch der durch Eisen in essigsaurer Silberoxydlösung erzeugte Niederschlag dar. Derselbe zeigte unterm Mikroskop nur zum Theil Nadeln und undeutliche regelmäfsig baumförmige Gestalten, aufserdem aber viele schwarze Körner, theils sehr klein und von nicht erkennbarer Gestalt, theils gröfser und von regelmäfsig vier- oder sechsseitigen Umrissen. Zum Theil zeigten sich diese Körner netzartig an einander gereiht. In ihrem sonstigen Verhalten stimmten diese Niederschläge aber vollkommen mit den oben beschriebenen überein.

Alle diese schwarzen und grauen Massen sind nichts anderes als metallisches Silber: dafür spricht 1) ihre Krystallform, 2) das Glänzendsilberweifswerden derselben beim blofsen Drücken, 3) die Abwesenheit anderer Substanzen, denn wie schon oben bemerkt, ist die hier und da vorkommende Verunreinigung mit anderen Metallen unwesentlich.

Pristley hielt die schwarze Masse für Silberhydrür (*Gilbert Ann.* Bd. 12, S. 471), wogegen schon Poggen-

dorff (a. a. O.) einwandte, dafs beim Uebergange des schwarzen Körpers in den grauen nicht die Spur von Gasentwicklung erfolgt und dafs sich die schwarze Masse ohne alle Gasentwicklung leicht mit Quecksilber amalgamirt. Es ist nun die Frage, was die Ursache der schwarzen Farbe sey. Poggendorff meint, dafs es die blofse feine Zertheilung und Auflockerung der Masse sey. Diefs ist jedoch nur zum Theil richtig. Allerdings sind die schwarzen Silbertheilchen, wie schon oben angeführt wurde, viel feiner, als die sich später ausscheidenden grauen, und diese wieder viel feiner als die noch später auftretenden glänzenden weifsen Silberkrystalle; der feine schwarze Niederschlag wird jedoch durch Säuren sogleich grau, ohne nur im geringsten seine feine Zertheilung zu ändern, wie man unterm Mikroskop sehr leicht bemerken kann. Nur beim Uebergange in Grau *durch Schütteln* schien es als wenn sich die feinen Nadeln zu gröfseren Gestalten aneinander legten. Die Ursache der schwarzen Farbe liegt demnach nicht in der feinen Zertheilung allein. Die Ursache der hellern Färbung des durch Kupfer gefällten Silbers liegt jedenfalls in der geringern elektrischen Spannung der Combination von Silber und Kupfer und der daraus hervorgehenden geringeren Stromstärke (s. o.).

II. Einwirkung der Metalle und des galvanischen Stromes auf festes Chlor-, Brom- und Iodsilber.

Legt man auf den, in verdünnte Schwefelsäure tauchenden negativen Platinpol einer Bunsen'schen Batterie von zwei Elementen etwas Chlor-, Brom- oder Iodsilber, so erfolgt sehr bald eine Reduction derselben, die sich durch eine dunklere Färbung zu erkennen giebt. Das weifse Chlorsilber färbt sich nämlich grau, das gelbe Brom- und Iodsilber tief schwarz. Diese Reduction schreitet von aufsen nach innen fort, so dafs ein auf der Oberfläche schon vollständig reducirt erscheinendes Stück der Salze sich beim Zerdrücken im Innern noch unverändert zeigt. Nach vollendeter Reaction zeigen sämmtliche Stücke im Innern eine hellgraue, auf

der Oberfläche eine dunkle Farbe; schwarzgrau beim Chlorsilber, tief schwarz beim Brom- und Iodsilber. Diese dunkle Farbe ändert sich nicht mit Säuren, wohl aber wird sie im Lauf der Zeit etwas heller.

Reducirt man gröfsere Massen der genannten Haloïdsalze auf galvanischem Wege, z. B. in einer Thonzelle, in welche ein Platinblech taucht, das mit einem in verdünnter Säure stehenden Zinkblech eine galvanische Combination bildet, so zeigte sich bei Anwendung von Chlor- und Bromsilber anfangs um das Platinblech ein dunkler Saum, der allmählig gegen den Rand der Zelle fortschreitet und endlich verschwindet. Nach Vollendung der Reduction bildet das erhaltene Silber eine vollkommen gleichmäfsig hellgrau gefärbte Masse, die aus einzelnen lockeren leicht zerdrückbaren Klümpchen besteht. Iodsilber liefert eine ähnliche Masse, bei der jedoch die Oberfläche der einzelnen Klümpchen dunkler gefärbt ist, als das Innere.

Sämmtliche so erhaltenen grauen Massen enthalten noch unzersetztes Silbersalz, welches beim Lösen in Salpetersäure zurückbleibt. Am meisten ist dieſs beim Iodsilber der Fall. Dieses Silbersalz läfst sich nicht vollständig entfernen. Selbst nach tagelangem Digeriren mit Ammoniak und unterschwefligsaurem Natron bleibt immer noch eine geringe Menge desselben zurück.

Das aus Chlor- und Bromsilber erhaltene Silber ist zinkfrei, dagegen enthält das aus Iodsilber gewonnene stets Spuren von Zink, was von der leichten Zersetzbarkeit des bei der Reduction gebildeten Iodzinks herrühren mag.

Der beim Lösen des aus AgCl und AgBr erzeugten Silbers in Salpetersäure bleibende Rückstand zeigte nicht selten eine violette Farbe, ganz ähnlich dem, längere Zeit im Lichte gelegenen AgCl und AgBr. Diese violette Farbe rührt von einem bei der Reduction gebildeten niedern Chlorür und Bromür des Silbers her. Die violetten Massen lösen sich leicht in Ammoniak unter Zurücklassung kleiner *Mengen* von grauem pulvrigem Silber.

Ganz ähnliche Erscheinungen, wie die hier geschilderten, zeigen sich bei der Einwirkung von Eisen oder Zink auf die genannten Haloïde. Im trocknen Zustande erfolgt diese Reduction sehr langsam, schneller bei Anwesenheit von Feuchtigkeit, am schnellsten bei Gegenwart verdünnter Säuren.

Kupfer wirkt auf feuchtes Chlorsilber nur langsam in der Kälte, schneller beim Anfeuchten mit Chlorwasserstoffsäure in der Wärme, jedoch auch hier viel langsamer als Eisen und Zink. Blei wirkt noch langsamer reducirend als Kupfer.

Die so erhaltenen grauen Massen bilden nach dem Auswaschen und Trocknen lockere Klümpchen, die sich durch Anrühren mit Wasser auf das Feinste zertheilen lassen. Durch Drücken mit einem Glasstabe werden sie sämmtlich glänzend silberweifs. Ihre Nüance ist nicht ganz gleich und erscheint um so heller, je höher die Temperatur ist, bei welcher sie getrocknet wurden. Diefs fand schon Berzelius bei dem mittelst Zink aus Chlorsilber gewonnenen grauen Silber (dessen Chemie 5. Aufl. II, 501). Berzelius giebt an, diese graue Masse sey eine Verbindung von Silber mit ein wenig Zink. Ich habe jedoch dieselbe zinkfrei erhalten. Beim Glühen sintert das graue Silber zusammen und wird mattweifs, es löfst sich schon in der Kälte leicht in Salpetersäure und legirt sich leicht mit Quecksilber.

Unterm Mikroskop zeigen diese grauen Massen ein Ansehen, das von dem des oben beschriebenen regelmäfsig baumförmigen Silbers sehr verschieden ist. Man sieht keine Nadeln und keine federförmigen Gestalten, sondern lauter kleine Körner von sehr verschiedener Gröfse, die theils einzeln liegen, theils regellos zu Flecken zusammengehäuft sind. Einzelne der Körner zeigten einen Durchmesser von 0″,00023 bis 0″,00017. Das Ganze hat im hohen Grade das Ansehen einer amorphen Masse, dennoch wage ich nicht sie deshalb für amorph zu erklären, einerseits weil sich doch mitunter unvollkommene sechsseitige Formen zeigen, *andrerseits wegen der* Aehnlichkeit mit dem mittelst Eisen-

vitriol aus Silberlösungen gefällten, deutlicher krystallinischen, grauen Silber. Es ist hier nothwendig, noch andere charakteristische Unterschiede zwischen dem deutlich krystallinischen und dem hier beschriebenen Silber aufzufinden, z. B. im specifischen Gewicht, um die Frage, ob diese Masse kryptokrystallinisch oder amorph sey, zu lösen. Leider ist es mir noch nicht gelungen, diese grauen Silbermassen in einem zur genauen specifischen Gewichtsbestimmung geeigneten Zustande, d. h. völlig frei von eingemengten Haloïdsalzen, zu erhalten. Zum Unterschiede von dem regelmäfsig baumförmigen Silber nenne ich die hier beschriebenen grauen Massen: *körnig pulveriges Silber.*

Um nun zu erforschen, wie sich *gelöstes* Chlorsilber gegen Metalle verhält, prüfte ich

III. Die Wirkung von Zink auf eine Lösung von Chlorsilber in Ammoniak.

Taucht man einen Zinkstab in eine gesättigte Lösung von Chlorsilber in Ammoniak, so überzieht er sich sogleich mit einem schwarzen Bart, der an einzelnen Stellen seine schwarze Farbe viel weniger lange beibehält, als das aus salpetersaurer Silberlösung erzeugte schwarze regelmäfsig baumförmige Silber. Enthält die Lösung überschüssiges Ammoniak, so erfolgt dieses Grauwerden noch schneller. Augenblicklich wird der Uebergang von Schwarz in Grau durch verdünnte Säuren bewirkt.

Unterm Mikroskop erscheint der in gesättigter Lösung erzeugte Silberniederschlag theils als feine Nadeln und federförmige Gestalten, theils als ein unregelmäfsiges Haufwerk feiner Körner von demselben Ansehen als das oben beschriebene körnig pulverige Silber. Die mit überschüssigem Ammoniak versetzte Ag Cl-Lösung giebt nur wenig feine Nadeln und keine deutlichen federförmigen Gestalten. Man erhält demnach bei diesem Procefs das Silber in beiden Zuständen, in dem regelmäfsig baumförmigen und in *dem körnig* pulverigen.

Beim Auflösen der so gewonnenen grauen Silbermassen blieben violett gefärbte Körner zurück. Diese sind silberchlorürhaltiges Chlorsilber. Durch Ammoniak zersetzen sich dieselben; Chlorsilber löst sich auf und graues körnig-pulveriges Silber bleibt zurück.

Kupfer zeigt gegen die ammoniakalische Chlorsilberlösung ein ähnliches Verhalten wie Zink, liefert jedoch hiebei keine schwarze, sondern von vorn herein eine graue Masse.

In den hier beschriebenen Versuchen war die Reduction auf eine bestimmte Stelle in der Flüssigkeit, nämlich auf den Ort des eingetauchten Metalls beschränkt geblieben. Jetzt folgt die Beschreibung der Versuche, bei denen die Reduction durch die ganze Masse der Flüssigkeit erfolgt.

IV. Wirkungen von Eisenvitriollösungen auf Silberoxydsalzlösungen.

Vermischt man eine mäfsig concentrirte Eisenvitriollösung mit 1 Proc. haltigen Lösungen der oben genannten Silberoxydsalze, so werden die Lösungen binnen kurzer Zeit grau und trübe und es schlägt sich ein hellgraues zum Theil glänzendes Silberpulver nieder, das sich theils zu Boden setzt, theils fest an die Wände des Gefäfses legt, namentlich an solche Stellen, die Unreinheiten oder Rauhigkeiten zeigen. In verdünnten oder sauergemachten Flüssigkeiten entsteht der Niederschlag langsamer als in concentrirten oder möglichst neutralen. Die Fällung selbst ist unvollständig, so dafs selbst bei grofsem Ueberschufs von Eisenvitriol noch Silber aufgelöst bleibt. Dies fand schon Wetzlar (Schweigg. Journal 53, S. 94). Dem gefällten Silber ist basisches Eisensalz beigemengt, welches beim Lösen des Silbers in Salpetersäure zurückbleibt. Säuert man jedoch die Flüssigkeit vor der Fällung mit Schwefelsäure oder Salpetersäure an, so enthält das gefällte Silber nur Spuren von Eisen.

Das so erhaltene pulverige Silber hat eine hellere Nüance, als das durch Reduction des Chlorsilbers mittelst Zink gewonnene und bildet gewaschen und getrocknet lockere

Stücke mit vielen glänzenden Punkten. Unterm Mikroskop erscheint dieses Silber ähnlich dem durch Reduction aus Chlorsilber gewonnenen als ein regelloses Haufwerk einzelner Körner; nie sieht man Nadeln oder federförmige Massen. Die gröfseren Körner erscheinen aber mitunter als regelmäfsige, mit blauer Farbe durchscheinende Sechsecke und Dreiecke, offenbar Theile von regulären Octaëdern. Dieselben hat schon G. Rose bemerkt (Pogg. Ann. Bd. 75, S. 340). Die kleineren Körner erscheinen im durchfallenden Lichte schwarz, im reflectirten als eine gelblich weifse schuppige Masse, die sich nur durch einzelne glänzende Theilchen von dem aus Chlorsilber gewonnenen körnig pulverigen Silber unterscheidet.

V. Silbersalze und organische Körper.

Zahlreiche organische Substanzen veranlassen unter verschiedenen Umständen eine Reduction der Silbersalze, bei der das Silber theils als körnig pulverige Masse, theils als glänzender Spiegel, oder in beiden Formen zugleich auftritt.

Unter den zahllosen organischen Substanzen habe ich bei den folgenden Untersuchungen einzelne leicht zu erlangende und namentlich technisch wichtige herausgegriffen und ihre Wirkung auf Silbersalze untersucht.

Kocht man eine Lösung von essigsaurem Silberoxyd, so wird das Silber zum Theil reducirt. Ein Theil desselben legt sich als Spiegel an die Wände des Gefäfses, ein anderer Theil scheidet sich als dunkelgraues körnig pulveriges Silber ab, das sich von dem aus Chlorsilber gewonnenen nur durch seine dunklere Farbe unterscheidet.

Eine verdünnte Lösung von Pyrogallussäure (1 Pyrogallussäure auf 130 Wasser) färbt sich, mit einigen Tropfen Silberoxydsalzlösung versetzt, schnell braun und läfst einen schwarzgrauen Niederschlag fallen, der nach dem Auswaschen und Trocknen durch Drücken mit einem Glasstabe glänzend silberweifs wird, sich in Salpetersäure unter Ausscheidung einer gelblichen, in Ammoniak löslichen, organischen Substanz auflöst und unterm Mikroskop als ein höchst

feinkörniges pulveriges Silber erscheint. Im Ammoniak giebt dasselbe eine gelbfärbende organische Substanz ab, durch Glühen wird es weifs.

Die Zersetzung von Silberlösungen durch Pyrogallussäure erfolgt — ähnlich wie beim Eisenvitriol — in verdünnten Lösungen langsamer als in concentrirten, in sauren Lösungen langsamer als in neutralen. Die Farbe der aus sauren Lösungen fallenden Niederschläge ist stets heller als die der in neutralen Lösungen gefällten Silbermassen und nähert sich der Farbe des mittelst Eisenvitriol gefällten Silbers. Der aus sauren Lösungen erhaltene Niederschlag zeigt ferner eine minder feine Zertheilung als der aus neutralen Lösungen gewonnene. Diese Niederschläge sowohl als die mittelst Eisenvitriol erhaltenen bilden einen Hauptbestandtheil der photographischen Negative. Bei Veröffentlichung meiner photographischen Versuche werde ich noch ausführlicher darüber sprechen.

Eine Lösung von 1 Theil Milchzucker in 10 Theilen Wasser färbt sich beim Kochen mit einigen Tropfen Silberoxydsalzlösung allmählig braun und scheidet neben einer flockigen organischen Substanz eine sehr geringe Menge körnig pulveriges Silber ab. Energischer ist die reducirende Wirkung des Milchzuckers auf eine ammoniakalische Silbersalzlösung.

Versetzt man eine salpetersaure Silberoxydlösung tropfenweise mit Ammoniak, bis der anfangs entstandene Niederschlag wieder gelöst ist und verdünnt dann bis die Lösung 1 Proc. Silbersalz enthält, so erhält man eine Flüssigkeit, die, mit $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{7}$ ihres Volumens einer 10 Proc. Milchzucker haltigen Flüssigkeit versetzt, sich beim Erwärmen gelb, braun und nahe beim Kochen endlich schwarz färbt. Dabei setzt sich an die Wände des Gefäfses ein dünner, oft fleckiger Spiegel ab und in der Flüssigkeit bleibt ein schwarzgrauer, oft ins Bräunliche spielender Niederschlag suspendirt, der sich nur langsam zu Boden setzt und beim Filtriren mit durchs Filter geht. In der Kälte erfolgt im *Laufe von 6 bis 12 Stunden* dieselbe Reaction. Man er-

hält ebenfalls einen Silberspiegel, der aber reiner ist als der beim Erwärmen erhaltene, und einen schwarzgrauen pulverigen Niederschlag.

Bei einem Ueberschufs von Ammoniak reducirt sich die Lösung viel schwieriger, die Gelbfärbung erfolgt erst nahe beim Kochen und es setzt sich kein, oder doch nur ein sehr schwacher fleckiger Spiegel ab. Dasselbe geschieht, wenn die Flüssigkeit chlorhaltig ist. In allen Fällen ist die Reduction eine unvollständige, d. h. die rückständigen Flüssigkeiten enthalten noch Silber.

Die schwarzgrauen, oft ins Bräunliche spielenden, in ihrer Nüance sehr wechselnden Niederschläge verändern ihre Farbe mit verdünnten Säuren nicht oder doch nur sehr wenig. Sie werden durch Drücken mit einem Glasstab glänzend silberweifs, beim Trocknen heller und durch Glühen mattweifs und lösen sich leicht in Salpetersäure unter Zurücklassung von etwas organischer Substanz. Unterm Mikroskop erscheinen sie als äufserst feine zu Flocken zusammengehäufte Körnchen von nicht erkennbarer Gestalt. Demnach ist das Ganze ein mit einer geringen Menge organischer Substanz gemengtes körnig pulveriges Silber.

Manche dieser körnig pulverigen Silbermassen, die ich so erhielt, bekamen, mit Salzsäure übergossen, einen Stich ins Violette und gaben an Ammoniak Spuren von Silberoxyd ab. Es ist hiernach wahrscheinlich, dafs diese dunklen Massen Spuren von Silberoxydul enthalten. Die dunkle Färbung dieser Substanzen hat ihren Grund wahrscheinlich in der feinen Zertheilung und in dem Gehalt an organischer Substanz und an Silberoxydul.

Noch energischer ist die reducirende Wirkung des Milchzuckers bei Gegenwart von Aetzkali oder Aetznatron. Hierauf gründet sich die von Liebig (Lieb. Annal. Bd. 98, S. 136) vorgeschlagene Versilberungsmethode:

Ein Grm. salpetersaures Silberoxyd wird in 20 Grm. Wasser gelöst, bis zur Wiederlösung des anfangs entstandenen Niederschlags mit Ammoniak versetzt, 45 Cubikcenti-

meter Kalilauge von 1,05 spec. Gew. hinzugefügt, und der dadurch etwa entstandene Niederschlag sogleich wieder mit möglichst wenig Ammoniak gelöst, das Ganze alsdann auf 145 Cubikcent. verdünnt und das überschüssige Ammoniak durch Zutröpfeln von salpetersaurem Silberoxyd, bis zur Entstehung eines bleibenden Niederschlags, abgestumpft.

Mischt man diese Lösung mit $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{10}$ Volumen einer Lösung von 1 Theil Milchzucker in 10 Theile Wasser, so färbt sie sich schon in der Kälte schnell gelbbraun und endlich schwarz, und setzt an die Wände des Gefäfses, falls diese sorgfältig gereinigt sind, einen schönen fleckenlosen Spiegel ab. Durch Erwärmen bis etwa 50° wird diese Reaction sehr beschleunigt. Auch hiebei scheidet sich das Silber in zweierlei Formen, theils als Spiegel, theils als graues Pulver ab, das anfangs in der Flüssigkeit schwebt, sich aber bald zu Boden setzt. Dieses graue Pulver haftet zum Theil an der innern Fläche des Spiegels und giebt dieser einen mattgrauen Schimmer. Die Reduction ist bei diesen Versuchen eine vollständige.

Um beide Zustände des Silbers bequem neben einander zu beobachten, nimmt man die Reduction am besten in einem wohl gereinigten Kolben bei gelindem Erwärmen unter fortwährendem Umschwenken vor. An die von der Flamme getroffenen Stellen legt sich der Spiegel zuerst. Anfangs bildet er eine dünne durchsichtige Haut, die immer dicker wird und zuletzt undurchsichtig und silberweifs erscheint. Sobald die Temperatur auf etwa 50° gestiegen ist, ist die Reaction vollendet. Die rückständige Flüssigkeit erscheint alsdann beim Abgiefsen grau und läfst bald graues pulveriges Silber fallen. Sehr dünne noch durchsichtig erscheinende Spiegel reflectiren nur wenig Licht und sehen deshalb dunkel aus, wie eine mit Pech ausgegossene Kugel, etwas dickere Schichten erscheinen im durchgehenden Lichte gelblich weifs, bei noch gröfserer Dicke schön blau und endlich undurchsichtig. Von dem zur Anwendung kommenden Silber scheidet sich der bei weitem gröfste

Theil als graue pulverige Masse ab; nur ein kleiner Theil (nach Liebig $\frac{1}{16}$ des ganzen Silbergehalts) schlägt sich als Spiegel nieder.

Das pulverförmige Silber, welches man hiebei erhält, bildet nach dem Auswaschen und Trocknen eine matte, zu lockeren Stücken zusammengebackene graue Masse, deren Nüance bei jeder Darstellung etwas verschieden ausfällt, im Allgemeinen aber stets heller ist als die mit Milchzucker aus kalifreien ammoniakalischen Lösungen niedergeschlagenen Silbermassen. Sie enthalten immer etwas organische Substanz, die sich durch kein Lösungsmittel beseitigen läfst. Beim Lösen in Salpetersäure bleibt diese organische Substanz zurück. Mit Chlorwasserstoffsäure wird die Nüance des grauen Silbers ein wenig heller; beim Erhitzen auf 120° wird es grauweifs, beim Glühen mattweifs, beim Drücken mit einem Glasstab glänzend silberweifs. Bei 100° getrocknetes Silber verlor beim Glühen 0,6 bis 0,8 Proc. an seinem Gewicht. Ich habe mich vergeblich bemüht ein von organischen Substanzen freies graues pulvriges Silber zu erhalten, was mir zur Bestimmung des specifischen Gewichts so wichtig gewesen wäre.

Unterm Mikroskop erschienen diese Silbermassen als eine Menge höchst feiner, theils einzeln liegender theils zu Flocken zusammengehäufte Körner, die in hohem Grade das Ansehn einer amorphen Masse haben. Dennoch wage ich auch hier nicht die Masse für amorph zu erklären, so lange ich noch nicht bestimmte Unterschiede im specifischen Gewicht und andern Eigenschaften zwischen ihr und dem deutlich krystallisirten Silber nachgewiesen habe.

Der Spiegel, der sich bei den beschriebenen Versuchen ausscheidet, bildet eine fest am Glase haftende homogene Silberschicht, die je nach ihrer Dicke mit verschiedenen Farben durchsichtig ist (s. o.) und unterm Mikroskop durchaus keine Structurverhältnisse wahrnehmen läfst. Bei alten Spiegeln aber beobachtete ich zuweilen freiwillig entstandene Risse, deren Ränder unterm Mikroskop eine krystal*linische Structur* zeigten, indem daran sich unter Winkeln

von 90° und 120° schneidende gerade Begränzungslinien sichtbar waren.

Aehnliches bemerkte ich, wenn auch weniger deutlich, bei den durch vorsichtiges Drücken mit einem Finger künstlich erzeugten Rissen an frischen Spiegeln. Diese Erscheinungen deuten auf eine krystallinische Structur des Spiegels hin, die jedenfalls noch deutlicher hervortreten würde, wenn die Geschmeidigkeit des Metalls bei der Verletzung nicht Verzerrungen zuliefse.

In neuester Zeit habe ich jedoch Erscheinungen beobachtet, die nicht für eine krystallinische Structur des Spiegels sprechen. Dahin gehört namentlich das Verhalten des Spiegels gegen Salpetersäure. Durch Einwirkung mäfsig verdünnter Salpetersäure löst sich nämlich der Spiegel vom Glase los und wird grau, ohne dafs man eine Gasentwicklung bemerkt. Beobachtet man diese Erscheinung unterm Mikroskop, so sieht man, dafs sich von der Stelle aus, wo sich die Salpetersäure befindet, ein grauer Saum ausbreitet. Diese grau gewordenen Theile lösen sich los, zerfallen in lauter einzelne netzartig durchlöcherte Blättchen ohne jedes Anzeichen einer krystallinischen Structur und lösen sich endlich auf. Wenn die Structur des Spiegels eine deutlich krystallinische wäre, so müfste sie beim Aetzen eben so deutlich hervortreten als beim Aetzen von Zinn- und Bleiplatten.

Ich behalte mir die Entscheidung über die Frage, ob die Structur des Spiegels krystallinisch ist, oder nicht, noch vor. Schwefelsäure und Salzsäure bewirken ebenso wie Salpetersäure ein Zerfallen und Grauwerden des Spiegels.

Die äufsere freie Fläche des Spiegels hat gewöhnlich ein matteres Ansehen als die Glasseite, herrührend von einer geringen Menge daran haftenden grauen körnig pulverigen Silbers. Auf der Glasseite des Spiegels zeigen sich mitunter mehr oder weniger dunkle Flecke, die den Spiegel verunreinigen. Diese Flecke sind ihrer Natur nach sehr verschieden. *Sie entstehen, wenn* das Glas rauhe oder *unreine Stellen zeigt, ebenso* wenn die Flüssigkeit einen An-

moniaküberschufs oder Chlor enthält. Bisher habe ich folgende Arten von Flecke beobachtet:

1) *Löcher* in der Spiegelschicht, diese erscheinen im reflectirten Licht als dunkle Flecke. Kleine Löcher sind im reflectirten Licht kaum sichtbar. Diese Löcher bilden sich sehr häufig und es existirt wohl kaum ein Spiegel, in welchen nicht mit der Lupe, bei durchfallendem Licht eins zu entdecken wäre. An solchen Stellen fehlte die Cohäsion des Glases zum Silber.

2) *Dünne Stellen.* Sie erscheinen im reflectirten Licht grau und matter als die übrigen Stellen des Spiegels, im durchfallenden Licht dagegen durchsichtiger als diese.

Solche dünne Stellen verschwinden meistens bei fortgesetztem Versilbern. Die Ursache ihrer Bildung ist unvollkommene Adhäsion des Glases zum Silber an den betreffenden Stellen.

3) *Graue Flecke* von körnig pulverigem Silber. Hier hat sich zwischen dem Glase und der Spiegelschicht körnig pulvriges Silber abgelagert. Diese Art von Flecken entstehen vorzugsweise an rauhen Stellen des Glases bei sonst normaler Arbeit. Man erkennt das Entstehen solcher Flecke schon während des Versilberns daran, dafs die fleckigen Stellen im durchfallenden Licht *dunkler* erscheinen als die übrigen Theile des Spiegels (die unter (2) beschriebenen Flecke erscheinen hierbei heller) und dafs sie bei weiter fortgesetzter Versilberung *nicht* verschwinden.

Die letztere Art von Flecken verdanken ihre Entstehung der Neigung des körnig pulverigen Silbers, sich an unreine oder rauhe Stellen des Glases zu legen. Man kann dieselben künstlich hervorbringen, wenn man das zu versilbernde Glas vorher ritzt. Die Farbe dieser Flecke ist verschieden dunkel, je nach dem Gehalt des körnig pulverigen Silbers an organischer Substanz. Die Ursache der Entstehung der Flecke liegt daher einerseits in der chemischen Zusammensetzung der Versilberungsflüssigkeit, einerseits in der Ungleichförmigkeit der Glasoberfläche und der *dadurch* bedingten ungleichen Adhäsion zum Silber.

Mehrjährige Erfahrungen in dieser Hinsicht haben mich gelehrt, dafs trotz sorgfältigster Reinigung und ganz normaler Versilberungsflüssigkeiten ein strengflüssiges, blasen- und schlierenreiches Glas immer einen schlechtern Spiegel liefert als ein leichtflüssiges vollkommen homogen erscheinendes.

Auf reines Silberoxyd wirkt Milchzucker für sich allein nicht, wohl aber bei Gegenwart von Kali oder Natron. Schüttelt man frischgefälltes braunes Silberoxyd mit Milchzucker und Aetzkalilösung, so färbt sich das Oxyd bald schwarzgrau, und die Flüssigkeit braun. Das so erhaltene schwarzgraue Pulver wird durch Drücken mit dem Glasstab zum Theil *weifs* und *silberglänzend*, giebt an Ammoniak Silberoxyd ab und hinterläfst dabei körnig pulveriges Silber.

Festes Chlorsilber zersetzt sich beim Kochen mit Milchzuckerlösung allein ebenso wenig wie Silberoxyd, wohl aber bei Gegenwart von Kali- oder Natronlauge. Giefst man auf frisch gefälltes weifses Chlorsilber Milchzucker- und Kalilösung, so bemerkt man binnen kurzer Zeit eine violette Färbung desselben, die nicht durch das Licht verursacht seyn kann, da sie auch bei Lichtabschlufs erfolgt. Diese violette Masse ähnelt vollkommen dem durch das Licht veränderten Chlorsilber, sie färbt sich mit Ammoniak grau, indem Chlorsilber gelöst wird und körnig pulveriges Silber zurückbleibt. Hieraus mufs ich schliefsen, dafs die violette Masse, ebenso wie das durch Licht violett gewordene Chlorsilber ein Gemenge von Silberchlorür und Silberchlorid ist, demnach durch den Milchzucker eine theilweise Reduction des Chlorsilbers, zu Silberchlorür stattgefunden hat. Läfst man die reducirende Flüssigkeit längere Zeit auf das Chlorsilber wirken, so wird es bald grau, indem das anfangs gebildete Silberchlorür weiter zu Silber reducirt wird. Beim Zerschneiden eines grofsen aufsen schon völlig grau erscheinenden Stücks Chlorsilber bemerkt man im Innern einen weifsen Kern, der von dem äufseren grauen Saume durch eine *violette Zone* von Silberchlorür getrennt

ist. Vollständig ist bei diesen Versuchen die Reduction selbst bei lange anhaltenden Kochen nicht, immer bleibt eine geringe Menge Chlorsilber unreducirt.

Eine Lösung von Chlorsilber in Ammoniak färbt sich beim Erwärmen mit Milchzuckerlösung langsam gelb, braun und endlich beim Kochen braunschwarz. Die Reduction geht hier unter gleichen Umständen viel langsamer vor sich als bei einer ammoniakalischen Silberoxydsalzlösung. Die Flüssigkeit hält fein zertheiltes körnigpulveriges Silber suspendirt und klärt sich durch Absetzen nur schwierig, schneller beim Zusatz von Salzsäure, wobei körnig pulveriges Silber gemengt mit Chlorsilber niederfällt. Entfernt man das Chlorsilber mit Ammoniak, so erhält man ein dunkel gefärbtes sehr feines körnig pulveriges Silber, das sich in Salpetersäure unter Zurücklassung von etwas organischer Substanz löst.

Auch bei Gegenwart von Kali geht die Reduction von ammoniakalischen Chlorsilberlösungen viel schwieriger vor sich als die Reduction der ammoniakalischen Silberoxydsalzlösungen. Versetzt man eine Liebig'sche Versilberungsflüssigkeit mit Kochsalz, so wird sie unter Chlorsilberausscheidung weifs; klärt man sie wieder durch Zusatz von Ammoniak und erhitzt sie gleichzeitig mit einer anderen Portion Liebig'scher Flüssigkeit, der man ebenso viel Ammoniak, wie der chlorhaltigen, zugesetzt hat, nachdem sie beide mit Milchzuckerlösung versetzt worden sind, so findet man, dafs die chlorfreie Probe schon zwischen 50 und 60° anfängt reducirt zu werden. Sie wird bei dieser Temperatur braun, dann schwarz und undurchsichtig und setzt einen fleckigen Spiegel ab. Die chlorhaltige Flüssigkeit dagegen wird erst nach längerem Erhitzen nahe beim Kochen braun und durchsichtig und setzt einen sehr schwachen, oft auch gar keinen Spiegel ab. Aus beiden Flüssigkeiten scheiden sich sehr dunkel gefärbte Niederschläge von körnig pulverigem Silber aus. Hieraus erklärt sich die nachtheilige Wirkung des Chlorgehalts bei Versilberungs*flüssigkeiten.*

Des technischen Interesses wegen prüfte ich noch die Wirkung von *Weinsäure* und eines Aldehyds, des *Rautenöls* auf ammoniakalische Silbersalzlösungen. Erstere ist bekanntlich von Petitjean (Liebig's Ann. Bd. 101 S. 313), letztere von Wagner (Polytechn. Journ. S. 149 S. 447) zur Versilberung vorgeschlagen worden.

Ich wandte zu diesen Versuchen eine ein Procent salpetersaures Silberoxyd enthaltende Lösung an, die mit einem, zur Wiederlösung des anfangs entstandenen Niederschlags eben hinreichenden, möglichst geringen Ammoniaküberschufs versetzt worden war.

10 Cubikcentimeter einer solchen Lösung wurden mit einem Cubikcentimeter einer Lösung von 1 Theil Weinsäure in 90 Theilen Wasser versetzt[1]) und kalt stehen gelassen. Es bildete sich im Laufe von 12 Stunden ein schöner Silberspiegel, dessen freie Seite von fest daran haftenden körnig pulverigem Silber ganz matt erschien.

Beim Erhitzen einer ähnlichen Mischung färbte sich dieselbe bei etwa 80° bläulich, dann grau und setzte neben körnig pulverigem Silber einen fleckigen Silberspiegel ab. Das so erhaltene körnig pulverige Silber ist dem mittelst Eisenvitriol aus Silberoxydsalzlösungen gefällten äufserst ähnlich, zeigt aber nicht so deutliche Krystalle. Die rückständige Flüssigkeit gab beim erneuten Kochen abermals einen schwachen Spiegel, enthielt aber, selbst nach sehr langem Erhitzen immer noch etwas Silber aufgelöst. Versetzt man drei gleiche Proben der Silberoxydammoniaklösung mit $\frac{1}{10}$ ihres Volumens der oben angewendeten Weinsäurelösung, setzt zu zwei der Proben gleichviel Ammoniak und zu einer der letzteren etwas Kochsalz und erwärmt alle drei gleichzeitig, so beobachtet man, dafs die Röhre mit der reinen Lösung sich zuerst trübt und einen fleckigen Spiegel ansetzt, erst später trübt sich die mit überschüssigem Ammoniak und noch später die mit Kochsalz und Ammoniak versetzte Lösung, und beide setzen

1) Es ist das *ungefähr dieselbe Menge* Weinsäure, die Petitjean bei *seinem Verfahren anwendet.*

einen sehr fleckigen Spiegel neben körnig pulverigem Silber ab.

Demnach wird auch hier die Reduction durch einen Chlorgehalt und Ammoniaküberschufs erschwert und die Entstehung eines schönen Spiegels verhindert.

Zur Prüfung der Wirkung des Rautenöls wurden 5 Cubikcentimeter der nach oben angeführter Angabe bereiteten ammoniakalischen Silberlösung mit 2 Cubikcent. einer Lösung von 25 Tropfen Rautenöl in 10 Cubikcent. Alkohol von 90° versetzt. Erwärmt man eine solche Mischung, so färbt sie sich bald gelb, braun und giebt einen fleckigen Spiegel neben grauem körnig pulverigen Silber. Setzt man vor der Erwärmung einige Tropfen Ammoniak zu, so erfolgt die Reduction viel später und es setzt sich kein Spiegel, sondern nur körnig pulveriges Silber ab.

Versetzt man die oben erwähnte Mischung aus salpetersaurem Silberoxydammoniak und Rautenöl mit ein wenig Kochsalz, klärt sie dann mit Ammoniak und erwärmt sie gleichzeitig mit einer ebenso grofsen Menge, mit gleichviel Ammoniak versetzter, kochsalzfreier Flüssigkeit, so bemerkt man, dafs die chlorfreie Flüssigkeit sich zuerst gelb und später braun färbt, während die andere erst nach längerem Erwärmen eine Färbung zeigt. Einen Spiegel geben beide nicht, wohl aber einen Niederschlag von körnig pulverigem Silber.

Demnach wird auch bei diesen Processen die Reduction und damit die Entstehung des Spiegels durch Ammoniaküberschufs und Chlorgehalt erschwert.

Aus den hier geschilderten Untersuchungen geht hervor, dafs sich das Silber bei der Reduction seiner Salze auf nassem Wege theils als glänzender weifser Spiegel, theils als ein graues oder schwarzes *mattes* Pulver abscheidet. Das *Spiegelsilber* bildet eine glänzende silberweifse, an reinen Glasflächen festhaltende, vollkommen homogene, *je nach ihrer* Dicke undurchsichtige oder mit blauer Farbe

durchsichtige Schicht, die durch Einwirkung von Säuren zerfällt und grau wird.

Die pulverigen Massen sind *matt*, grau oder schwarz und von ganz und gar nicht metallischem Ansehen. Sie werden durch Drücken mit einem Glasstabe weifs und silberglänzend und sintern beim Glühen zu einer mattweifsen Substanz zusammen. Nach ihrem Ansehen unterm Mikroskop zerfallen sie in zwei Abtheilungen:

1) regelmäfsig baumförmiges Silber;

2) körnig pulveriges Silber.

Ersteres bildet entweder ein graues oder schwarzes, durch verdünnte Säuren grau werdendes Pulver, dessen einzelne Theilchen unterm Mikroskop ganz das Ansehen des natürlichen regelmäfsig baumförmigen Silbers zeigen. Das Letztere bildet ebenfalls ein mehr oder weniger dunkelgraues, zum Theil durch organische Substanzen (und vielleicht auch etwas Silberoxydul) gefärbtes Pulver, dessen Nüance jedoch viel beständiger ist als die des regelmäfsig baumförmigen Silbers. Es besteht aus lauter einzelnen, regellos zusammengehäuften Körnern und legt sich bei seiner Ausscheidung aus Flüssigkeiten leicht an unreine oder rauhe Stellen des Glases. Dadurch giebt es in der Silberspiegelfabrication Veranlassung zur Entstehung von Flecken, in der Photographie dagegen Veranlassung zur Entstehung von Bildern, wie unten weiter erläutert werden soll. Die Ablagerungen des körnig pulverigen Silbers am Glase bilden nie einen zusammenhängenden Spiegel, sondern nur einen matten oder doch nur schwach glänzenden Ueberzug, der unterm Mikroskop als lauter einzelne, regellos nebeneinanderliegende Körner erscheint.

Jetzt gilt es, die oben beschriebenen Reductionserscheinungen zu erklären, Rechenschaft zu geben, warum das Silber sich entweder als *Spiegelsilber* oder als *regelmäfsig baumförmige* oder als *körnig pulverige* Masse abscheidet. Ich glaube diefs mit Hülfe weniger einfacher Voraussetzungen thun zu können.

Bei der Reduction von Silberoxydsalzlösungen durch Metalle ist der Vorgang, mit Ausnahme des allerersten Silbertheilchens, ein galvanischer (Poggendorff a. a. O.). Die ausgeschiedenen Silbertheilchen lagern sich alle am negativen Pole ab, kommen sich dabei nahe genug und besitzen, als in einer Flüssigkeit befindlich, Beweglichkeit genug, um sich gegenseitig anziehen und nach den Krystallisationsgesetzen gruppiren zu können; es entsteht in Folge dessen *regelmäfsig baumförmiges* Silber.

Bei der Reduction aus *festen* Silberverbindungen fehlt dagegen diese Beweglichkeit; die einzelnen Theilchen des Silbers bleiben in Folge dessen regellos neben einander liegen, es entsteht *körnig pulveriges Silber.*

Bei der Einwirkung von Zink auf Lösungen von Chlorsilber in Ammoniak wird ein Theil des Chlorsilbers vollständig reducirt und liefert *regelmäfsig baumförmiges Silber*, ein anderer Theil unterliegt aber, namentlich wenn die Reduction durch Ammoniaküberschufs erschwert wird, einer unvollständigen Reduction zu *Silberchlorür* (s. o.). Dieses Silberchlorür zersetzt sich aber durch das vorhandene Ammoniak in sich lösendes *Silberchlorid* und sich ausscheidendes *graues, körnig pulveriges* Silber.

Aehnlich ist der Vorgang bei der Reduction ammoniakalischer Silberoxydsalzlösungen mittelst organischer Substanzen (Milchzucker, Aldehyde, Weinsäure), wobei das Silber theils als *Spiegel*, theils als graue, *körnig pulverige* Masse auftritt. Hier spielt aber auch die Adhäsion des Glases zum Silber eine wesentliche Rolle. In einem Gefäfse, dessen Wände keine Adhäsion zum Silber haben, z. B. in einem Kautschucknapf, entsteht nur *sehr* wenig Spiegelsilber auf der Oberfläche. Die Adhäsion ist jedoch nicht die alleinige Ursache der Entstehung des Spiegels, was schon daraus hervorgeht, dafs sich auch körnig pulveriges Silber an das Glas legt und die Abscheidung desselben sowie die des Spiegelsilbers bedingt ist durch die chemische Zusammensetzung der Versilberungsflüssigkeit. *Alle Umstände, welche die Reduction erschweren,* z. B. *Ueberschufs von Am-*

moniak, Chlorgehalt etc., *erschweren auch die Bildung des Spiegels und befördern die Ablagerung von körnig pulverigem Silber und die Entstehung von Flecken.* Hieraus geht mit grofser Wahrscheinlichkeit hervor, dafs das Spiegelsilber durch unmittelbare und *vollständige* Reduction des Silberoxyds entsteht, während die körnig pulverigen Massen ein *secundäres Produkt* einer *unvollständigen* Reduction sind. Bei der durch die angegebenen Umstände erschwerten Reduction wird nämlich das Silberoxyd nur zu Silberoxydul reducirt; dieses zersetzt sich aber, wie ich experimentell gefunden habe, durch Ammoniak in sich lösendes Silberoxyd und *körnig pulveriges* Silber, oder es unterliegt einer weiter gehenden Reduction, wobei ebenfalls — wie immer durch Reduction einer *festen* Silberverbindung — *körnig pulveriges Silber* resultirt.

Hieraus erklärt es sich, warum beim *normalen* Versilberungsprocefs immer zuerst der *Spiegel*, später, wenn in Folge der Reduction des Silberoxyds der Gehalt an freiem Ammoniak zunimmt, das körnig pulverige Silber entsteht.

Bei der Reduction von ammoniakalischen *Chlorsilber*-Lösungen durch organische Substanzen finden ähnliche Processe statt. Wegen der schwierigen Reducirbarkeit des Chlorsilbers wird jedoch nur ein sehr geringer Theil desselben unmittelbar zu Silber, der gröfste Theil aber zu *Silberchlorür* reducirt, welches theils durch Ammoniak in der oben beschriebenen Weise, theils durch weiter gehende Reduction unter Ausscheidung von körnig pulverigem Silber zerlegt wird. Daher kommt es, dafs ein Chlorgehalt in den Spiegelversilberungsflüssigkeiten so nachtheilig wirkt.

Bei der Reduction von Silberoxydsalzlösungen durch Eisenoxydulsalze scheinen alle Bedingungen zur Erzeugung eines *Spiegels* gegeben zu seyn; dennoch entsteht hier *nur* körnig pulveriges Silber. Mangelnde Adhäsion ist nicht der Grund dieser Erscheinung, denn ein Theil des Silbers legt sich ziemlich fest an das Glas. Höchst wahrscheinlich ist auch hier das körnig pulverige Silber ein secundäres Produkt. H. *Rose hat gezeigt* (Pogg. Annal. Bd. 101 S. 320),

dafs in verdünnten, miteinander vermischten Lösungen von salpetersaurem Silberoxyd und Eisenvitriol, welche für sich allein nicht sogleich einen Niederschlag geben, ein *schwarzer* Niederschlag entsteht, sobald sie im geringsten alkalisch gemacht werden. Dieser schwarze Niederschlag besteht aus einer Verbindung von *Silberoxydul* mit Eisenoxyduloxyd *und wird sowohl durch Säuren als auch durch Eisenoxydulsalze unter Abscheidung von körnig pulverigem Silber zerlegt, was dem durch Eisenvitriol unmittelbar gefällten in hohem Grade ähnlich sieht.* Bei der Wirkung von Eisenvitriol- auf Silber-Lösungen entsteht demnach wahrscheinlich zuerst die erwähnte Silberoxydulverbindung, die dann in der angegebenen Weise unter Abscheidung von körnig pulverigem Silber sogleich weiter zerlegt wird. Beim Vermischen einer salpetersauren Silberoxydlösung mit essigsaurer Eisenoxydullösung kann man diese Reactionen leicht *nach* einander beobachten. Erst schlägt sich die schwarze Silberoxydulverbindung nieder, aber bald wird dieselbe unter Ausscheidung von körnig pulverigem Silber grau (H. Rose a. a. O. S. 336). Aber auch bei Anwendung von Eisenvitriol kann man das Entstehen der schwarzen Verbindung leicht nachweisen. Tröpfelt man eine verdünnte, möglichst neutrale Eisenvitriollösung zu *überschüssiger* salpetersaurer Silberoxydlösung, so färbt sich die Mischung bald bläulich, dann schwärzlich. Diese schwarze Farbe geht jedoch schnell in Grau über und es setzt sich ein Niederschlag ab, der aber entschieden dunkler gefärbt ist, als der aus sauren Lösungen fallende. Dieser Niederschlag enthält offenbar noch etwas von der schwarzen Silberoxydulverbindung, denn mit verdünnter Schwefelsäure oder Eisenvitriollösung übergossen, wird er heller grau.

Das Spiegelsilber und regelmäfsig baumförmige Silber sind demnach bei allen hier besprochenen Processen Produkte einer vollständigen Reduction; das körnig pulverige Silber dagegen ist ein secundäres Produkt einer *unvollständigen* Reduction, entstanden durch im *statu nascenti* erfolgte Zersetzung von, im festen Zustande sich ausscheiden-

dem, freiem oder gebundenem Silberoxydul oder eines demselben analogen Haloïdsalzes.

Bei der *Spiegelversilberung* ist das so entstehende körnig pulverige Silber ein *unnützes*, und unter Umständen wegen seiner Neigung Flecke zu bilden sogar *schädliches* Nebenprodukt. Anders ist es in der Photographie; hier ist es ein *wichtiges Hauptprodukt*. Indem bei dem sogenannten *Hervorrufungsprocesse* die mit Höllensteinlösung benetzte, in der Camera exponirte photographische Platte, mit einer Lösung von *Eisenvitriol* oder Pyrogallussäure übergossen wird, entsteht ein Niederschlag von körnig pulverigem Silber, der sich an die belichteten Stellen der Platte legt und so das Erscheinen des *Bildes* bewirkt.

Silberspiegelfabrication und Silberphotographie sind in gewisser Beziehung ähnliche Gewerbe. Beide beruhen auf der Reduction von Silberoxydsalz zu Silber. Bei der Spiegelbelegung sucht man einen *gleichartigen* Niederschlag von *Spiegelsilber* zu erzeugen und vermeidet möglichst den Niederschlag des körnig pulverigen; bei der Photographie dagegen sucht man auf der belichteten Platte einen *ungleichartigen* Niederschlag von körnig pulverigem Silber zu erhalten, ungleichartig nach Maafsgabe der Belichtung.

Ueber diesen Gegenstand werde ich bei einer späteren Gelegenheit ausführlich berichten.

Berlin, im August 1862.

IX. *Widerlegung einer von Dr. J. Heussi vorgeschlagenen Verbesserung an Repetitionstheodolithen und Nivellirinstrumenten;*

von O. Börsch,
Lehrer an der höheren Gewerbschule in Kassel.

In dem bisjetzt im ersten Hefte bei Brockhaus in Leipzig 1861 erschienenen Lehrbuch der Geodäsie von Dr. J. Heussi in Parchim wird bei Gelegenheit der Beschreibung der Mikrometerschraube einer von dem Verfasser construirten und in diesen Annalen Bd. 102 (1858) S. 443 ff. veröffentlichten Verbesserung an den Repetitionstheodolithen und Nivellirinstrumenten erwähnt, was mich veranlafste, diesen Aufsatz einer besonderen Beachtung und Untersuchung zu unterwerfen. Es wird nämlich vorgeschlagen, bei Repetitionstheodolithen etc. statt des bisher eingeführten Nonius nur einen einfachen Index an der Alhidade anzubringen, die an der Klemmvorrichtung befindliche Differentialmikrometerschraube aber an ihrer Kopfseite mit einer getheilten Scheibe und einem Nonius zu versehen, um aus der Anzahl der Schraubenumdrehungen und dem vorher ermittelten Winkelwerthe der Differenz zweier entsprechender Ganghöhen dieser Schraube die Gröfse eines Winkels viel genauer als bisher zu bestimmen, d. h. abzulesen. Da aber diese Verbesserung weder in der Construction, noch in der Anwendung richtig ist, überhaupt auch eine schärfere Bestimmung des Winkels hiernach nicht erzielt werden kann, so halte ich es schon im allgemeinen Interesse des Gegenstandes für geboten, diesen Irrthum ausführlich zu widerlegen.

Bevor ich aber zu der Kritik dieser vorgeschlagenen Verbesserung übergehe, mufs ich nur noch mit Beziehung auf eine Stelle der Heussi'schen Abhandlung erwähnen, dafs bisjetzt an Längentheilmaschinen nur einfache Mikrometer*schrauben* mit Theilscheibe und Index —, freilich in so gro-

fsem Maafsstabe, dafs für sie diese Benennung wohl nicht mehr passend ist, — nie aber Differentialmikrometerschrauben angewendet werden, dafs aber auch hierbei die Anwendung gerade eine umgekehrte ist; man will nämlich bei einer Längentheilmaschine nicht einen *gegebenen* Theilstrich eines Lineals oder Maafsstabes mit einem Indexstrich in Coïncidenz bringen, sondern eine *zu bestimmende* Stelle desselben markiren; ein wesentliches Geschäft, worauf die Genauigkeit einer Ablesung hauptsächlich beruhen würde, nämlich die richtige Beurtheilung der stattfindenden Coïncidenz, fällt also hierbei aus.

Die Idee, die Winkelbewegung durch die Längenbewegung einer Schraube zu messen, ist übrigens nicht neu; schon im Jahre 1800 wurde sie von dem Hannöverschen Ingenieur, Oberst Hogrewe, angewendet, und später von Professor Stampfer in Wien; siehe dessen Anleitung zum Nivelliren etc. Wien 1839 und folgende Auflagen, aber auch die Beurtheilung dieser Nivellirinstrumente im Vergleiche zu anderen, aus dem mechanisch-mathematischen Institute von F. W. Breithaupt und Sohn hervorgegangenen, in Romberg's Zeitschrift für praktische Baukunst, Jahrgang 1844, S. 280. Es ist einleuchtend, dafs sich bei der Verbindung des Mikrometerwerkes mit dem Limbus und der Alhidade eines Theodolithen für jede Schraubendrehung der Werth einer Ganghöhe mit dem Sinus des Neigungswinkels der Schraubenspindel gegen den Radius der Alhidade ändert, dafs also, wenn überhaupt die so gerühmte Vollkommenheit erreicht werden soll, für jedes Instrument und für jede Stellung der Mikrometerschraube, die Untadelhaftigkeit des ganzen Gewindes vorausgesetzt, diese Werthe aus wiederholten Versuchen bestimmt und in Tabellen gebracht werden müssen, in welchen die Winkelwerthe bei ihrer Veränderlichkeit, und der nicht absoluten Genauigkeit mechanischer Ausführung nach berechneten Gröfsen, sich freilich nicht in ganzen Sekunden, sondern in, für die Praxis unbequemer, Form darstellen werden; hat aber die Mikrometerschraube nicht ganz gleiche Gang-

höhen, was zu erlangen bei einer Differentialschraube, angenommen, sie wäre für derartige Messungen anwendbar, noch schwieriger ist, so wird die ganze Sache noch viel weitläufiger. Wird aber nach allen diesen Vorarbeiten und Unbequemlickeiten in Wahrheit eine so grofse Genauigkeit in den Beobachtungsresultaten erlangt, dafs es sich dieses Aufwandes von Zeit verlohnte, oder ist diese Genauigkeit nur illusorisch? Kann man mit einfacheren Instrumenten nicht zu gleich guten, ja genaueren Resultaten gelangen? Das Nachfolgende wird diese Fragen beantworten.

Nach den beigefügten, der Abhandlung des Hrn. Dr. Heussi theilweise entnommenen, Fig. 6ª und 6ᵇ Taf. III [1]) ist in der Nähe *EF* des Kopfes der Differentialschraube *CD* eine am Umfange getheilte Scheibe *GK* mit der Spindel fest verbunden; an dem Arme der Alhidade aber, welcher die eine kugelförmige Schraubenmutter *a* in Pfannenlagern hält, ist ein Elfenbeinstäbchen *uv* oder eine zweite Scheibe *HI*, welche den Nonius enthält, angeschraubt. *uv* und *HI* berühren fast *GK*, eine Drehung rechts ist also unmöglich, durch die Drehung links wird aber zugleich mit dem Schraubenkopfe, der bei dieser Art Schraube während der Drehung nicht an seinem Orte bleibt, die Scheibe *GK* von dem Stäbchen *uv* oder der Scheibe *HI* immer mehr und mehr entfernt, die Ablesung an *GK* vermittelst *uv* oder *HI* also unmöglich, mithin fällt schon hierdurch die ganze Erfindung zusammen und eine weitere Erörterung wäre überflüssig. Man könnte nun zwar das Elfenbeinstäbchen verlängern, so dafs es über die Scheibe *GK* hinausreichte, und mit seiner unteren scharfen Kante diese tangirte; da sich aber der Mittelpunkt von *GK* in keiner geraden Linie, sondern in einer Curve fortbewegt, so würde doch keine zuverlässige Ablesung bewirkt werden können. Ich will aber hiervon absehen und selbst zugeben, dafs man auch eine Vorrichtung anbringen könnte, um bei der Fortbewe-

1) Die Figuren sind mit Willen so gezeichnet, dafs die fehlerhafte Construction sofort ersichtlich.

gung von *GK* eine fortwährende Berührung mit der Noniusscheibe *HI* herzustellen; ich wollte wohl eine solche Vorrichtung construiren, da ich aber überhaupt gegen diese Art der Winkelbestimmung bin, so unterlasse ich deren Beschreibung und nehme sie nur beim Folgenden als vorhanden an, um auch in den übrigen Theilen die Idee des Hrn. Dr. Heussi zu widerlegen; nur mufs ich voraussetzen, dafs die Ablesung bei dieser Vorrichtung, wo beide Scheiben beweglich sind, nicht die gröfste gewünschte Schärfe haben kann, ja nur wenig genauer als eine Ablesung mit einfachem Index seyn würde, eine Abschätzung zwischen den Noniusstrichen hiernach aber selbstverständlich ganz unzulässig ist. Eine einfache Mikrometerschraube würde diesen Uebelstand auch nur theilweise beseitigen, dabei aber die Schärfe der Ablesung um so weniger erreicht, die man durch die Differentialschraube zu erlangen glaubt. — Weiter will nun Hr. Dr. Heussi eine Differentialschraube anwenden, wo eine dreifsigmalige Umdrehung bei 1 Zoll Längenverschiebung erst eine Verstellung von nahe $\frac{1}{3}$ Linie hervorbringt, in der Absicht, einer Schraubenumdrehung bei einem 12zölligen (6 Zoll Radius) Theodolithen einen entsprechenden Werth von etwa 40 Sekunden zu geben, will dazu noch die Scheibe *GK* in 160 Theile theilen, mufs dieser mithin einen so bedeutenden Umfang geben, dafs sie bei der Handhabung des Instrumentes nur hinderlich ist; das Unpraktische, also auch Unanwendbare dieser Verhältnisse bei einer Differentialschraube ist zu sehr in die Augen fallend, um noch einer besonderen Widerlegung zu bedürfen. Von den am meisten angewendeten Differentialschrauben gehören aber schon solche mit zu den feinsten, welche auf 5 Millimeter 10, beziehungsweise 12 Schraubengänge haben, also die Differenz zweier entsprechender Ganghöhen $= \frac{1}{12}$ Millimeter $= 0{,}003$ Zoll, diesem entspricht ein Winkelwerth von etwa 120 Sekunden, und theilt man die Scheibe *GK*, deren Durchmesser füglich nicht kleiner als 1 Zoll seyn darf, in 60 Theile, so hat man 2 Sekunden und *mit Hülfe des Nonius* höchstens 0,2 Sekunden Able-

sung; damit ist aber lange noch nicht gesagt, dafs man nun den Winkel auf 0″,2 genau bestimmen könne. Um dieses nachzuweisen, mufs ich erst das Verfahren des Hrn. Dr. Heussi bei der Winkelmessung weiter verfolgen. Dieses ist nämlich folgendes: Hat man ein Object mit aller Schärfe vermittelst der Differentialschraube eingestellt, so liefst man mit Hülfe eines einfachen Index am Limbus die Grade und dessen Unterabtheilungen etwa $\frac{1}{3}$ Grade ab — das Instrument ist also ein einfacher, kein Repetitionstheodolith — das Mehr bestimmt man aber dadurch, dafs man den Index bis zum nächstvorhergehenden Theilstrich des Limbus zurückschraubt und nun diesen kleinen Bogen aus den vollen Umdrehungen der Theilscheibe und der Angabe des Nonius ermittelt; dafs diese Ermittelung aber total falsch ist, wenn nicht auch *vor der Zurückschraubung* der Differentialschraube der Stand derselben an der Scheibe und dem Nonius abgelesen und der kleine Bogen durch die *Differenz* der beiden Ablesungen bestimmt wird, daran hat Hr. Dr. Heussi nicht gedacht. Ist aber auch dieser Fehler in der Richtungsbestimmung eines Objects beseitigt, so ist noch zu berücksichtigen, dafs diese abhängig ist 1) von der Pointirung des Objects, 2) von der Genauigkeit der Coïncidenz des betreffenden Limbusstriches mit dem Index, 3) von dem ungleichen Winkelwerth der einzelnen Schraubengänge bei verschiedener Lage der Spindel gegen den Alhidadenradius, den unregelmäfsigen Gewinden und ungenauen Ablesungen am Nonius, 4) von der Excentricität der Alhidade und den Theilungsfehlern des Limbus. Da die erste Bedingung auch bei dem allgemein gebräuchlichen Verfahren in Anrechnung zu bringen ist, so würden nur die drei letzteren der näheren Betrachtung zu unterziehen seyn. Es wäre nun die erste Frage: wie genau kann man den Limbusstrich und einfachen Indexstrich (ohne Nonius) in Uebereinstimmung bringen? Ich glaube ein Schwanken von 15 Sekunden, welches der Dicke eines Striches von 0,005 Linien gleichkommen würde, ist eher noch zu wenig, *als zu viel*; setze ich nun den Fehler, welcher durch 3)

entsteht, zu dessen Bestimmung mir aber bis jetzt noch alle Elemente fehlen, um ja nicht zu grofs zu greifen, nur 1 Sekunde, den durch die Excentricität der Alhidade usw. verursachten Fehler = 5 Sekunden (das Institut von Ertel in München rühmt sich, auf 5 Sekunden genau centriren zu können), so sind die Gränzen der Ungenauigkeit der Ablesung = 21 Sekunden, oder die Wahrheit, abgesehen von 1), schwankt zwischen ±10,5 Sekunden. Nehmen wir nun einen 12zölligen Repetitionstheodolithen mit 4 Nonien, so kann die Theilung mit hinlänglicher Schärfe und Feinheit so weit ausgedehnt werden, dafs man am Nonius 2 Sekunden direct, durch Schätzung aber sehr gut 1 Sekunde, also im Mittel der 4 Nonien 0,25 Sekunden — wobei 2), 3) und 4) schon beseitigt sind — ablesen und die Genauigkeit durch Repetition noch erhöhen kann; es verhält sich hiernach die Genauigkeit einer Richtungsbestimmung der letzteren Art gegen die von Hrn. Dr. Heussi vorgeschlagene, wie 42:1, also die Genauigkeit zweier Richtungen oder eines Winkels nach diesen beiden Verfahrungsarten wie 84:1, und das Resultat dieser Untersuchung ist gerade das Gegentheil von dem, was der Erfinder bezweckte.

Mit Bezug auf das im Eingange erwähnte Werk über Geodäsie von Dr. Heussi möchte ich mir nur noch erlauben anzuführen, dafs es der Güte desselben gewifs keinen Eintrag gethan hätte, wenn das Manuscript vorher einem durchgebildeten, praktischen Techniker zur Einsicht und Beurtheilung übergeben, und namentlich, was die Beschreibung und den Gebrauch der Instrumente betrifft, die von demselben gefundenen Anstände, Undeutlichkeiten und Irrthümer vor dem Drucke beseitigt worden wären.

X. *Ueber das verkehrte Bild beim Hohlspiegel; von Dr. H. Bolze in Cottbus.*

Wenn der Gegenstand und der Beschauer sich aufserhalb der Brennweite des Hohlspiegels befinden, so hat der Beschauer ein verkehrtes Bild des Gegenstandes, welches ihm hinter dem Spiegel erscheint, wenn er mit einem Auge beobachtet, vor dem Spiegel, wenn er solches mit beiden Augen thut.

Diese mir unabhängig von Dove gekommene Erscheinung hat derselbe in den Monatsberichten der Akademie 1851 S. 252 bekannt gemacht. So viel mir zu erfahren möglich gewesen ist, ist eine wissenschaftliche Erklärung derselben noch nicht erfolgt. Ich erlaube mir, solche in diesen Zeilen zu geben, indem ich zuerst das Spiegelbild für *ein* Auge, dann das für deren *zwei* noch einmal in einer von der gebräuchlichen etwas abweichenden Darstellung gebe. Ich bemerke hiebei, dafs ich die früher in meinem Lehrbuche der Physik durchgeführte strenge Unterscheidung zwischen subjectiven und objectiven Bildern auch hier festhalte. Es läfst sich nämlich ein *subjectives* optisches Bild durch geometrische Construction *nur* erklären, wenn man das *Auge* mit in die Zeichnung bringt. Das objective Spiegelbild, welches man auf einer vorgehaltenen weifsen Ebene auffängt, ist von der hier zu erörternden Erscheinung *wesentlich* verschieden und kann mit dem freien Auge nie gesehen werden, wenn jene weifse Fläche fehlt.

Es sey nun in Fig. 3 Taf. III C der geometrische Mittelpunkt des Spiegels, B der Brennpunkt, O das Auge, DE der sich spiegelnde Gegenstand. Von allen von D auf den Spiegel fallenden Lichtstrahlen kann nur der *eine* DL in's Auge fallen, für welchen $\angle DLC = \angle CLO$ ist, die übrigen treffen das Auge nicht. Dieses sieht also den Punkt D in der Richtung OL an dem Orte F, für welchen $DL = LF$ *ist. Es wird* nicht nöthig seyn, noch ausführlich darzule-

gen, dafs demgemäfs *FG* das Spiegelbild von *DE* seyn mufs.

Seyen jetzt *A* und *B* (Fig. 4 Taf. III) zwei Augen, *C* der geometrische Mittelpunkt, *F* ein sich spiegelnder Punkt, so kommt für das Auge *A* der Lichtstrahl aus der Richtung *GA*, für das Auge *B* aus der Richtung *HB*. Beide Richtungen schneiden sich im Punkte *O*; der Beschauer gewinnt also die Vorstellung, dafs *O* der Ort des Bildes für *F* ist, ganz in Uebereinstimmung mit denjenigen Erscheinungen, die uns das Stereoskop nachweist. Es versteht sich von selbst, dafs das Sammelglas dieselbe Erscheinung liefert wie der Hohlspiegel, und dafs auch für diesen Fall die Erklärung dieselbe bleibt.

XI. *Bemerkung zu A. Schrauf's: Vergleichung von Zippe's Vanadit mit der Mineralspecies Descloizit; von Dr. Gust. Tschermak.*

Im 116. Bande dieser Annalen S. 355 ff. sucht Hr. Schrauf die Identität des Descloizit und Vanadit nachzuweisen, wobei er sich auf seine Messungen stützt, welche mit denen von Descloizeaux stimmen, wo er aber die Differenz der chemischen Resultate in einer Weise bespricht, die von mir eine Entgegnung fordert.

Damour hatte bei der Untersuchung des *Descloizit* ein unreines und verändertes Material, wie sich aus der Beschreibung, der bedeutenden Menge (9,4 Proc.) des in verdünnter Salpetersäure Unlöslichen (Sand und Manganoxyd) endlich aus der Wassermenge von 2,4 Proc. ergiebt. Im Löslichen fand er aufser Vanadsäure und Blei noch Mangan, Zink, Kupfer, Eisen und Chlor. Die von ihm aufgestellte Formel ist illusorisch. Ich untersuchte vom *Vanadit* reine, anscheinend ganz unveränderte Krystalle und fand aufser *Vanadsäure und Blei* nur eine Spur von Zink.

Hr. Schrauf nun hegt gerade gegen die letztere Analyse Bedenken; es fällt ihm auf »dafs das Zink als Beimengung qualitativ, aber nicht quantitativ angegeben sey«; er controlirt die Untersuchung durch eine Löthrohrprobe erhält jedoch »keine genügende Gewifsheit« über andere Beimengungen; weiter glaubt er unrichtigerweise, dafs die von mir gefundene Menge der Vanadsäure für die Formel $PbVO_4$ zu gering sey; endlich bestreitet er indirect die Richtigkeit aller Analysen des Dechenit, da er diesen auch mit dem Descloizit vereinigen will, aber Damour's Analyse für maafsgebend hält.

Darauf möchte ich blofs erwidern, dafs ich eine solche Beurtheilung chemischer Resultate für eine sehr willkührliche halte, namentlich so lange der Kritiker keinen besseren Gegenversuch ausführt. Für die Streitfrage hingegen scheint mir aus allem so viel hervorzugehen, dafs der Dechenit mit dem Vanadit von Zippe zu vereinigen, der Descloizit aber als ein veränderter Vanadit zu betrachten sey.

Wien 23. Oct. 1862.

XII. *Ueber das Spectrum einer Lösung von salpetersaurem Didymoxyd.*

In dem Spectrum des Lichtes, welches durch verdünnte Lösungen von salpetersaurem Didymoxyd gegangen, hat Hr. Gladstone zwei dunkle Linien entdeckt. In einem Briefe an Hrn. Dr. Wolcott (*Sillim. Journ. N. Ser. Vol. XXXIV p.* 189) erwähnt Prof. O. N. Rood, dafs er diesen Versuch wiederholt und dabei folgende Resultate erhalten habe. Er leitete Lampen- oder Sonnenlicht durch eine 12 Zoll lange Röhre, welche eine concentrirte Lösung des genannten Salzes enthielt, und analysirte es darauf mit dem Bunsen-Kirchhoff'schen Spectroskop. Das Spectrum

zeigte sich durchschnitten von zwölf deutlichen Linien oder Streifen, deren einige sehr breit waren, während andere, ganz fein, zu ihrer Auflösung ein Prisma von starker Dispersivkraft erforderten. Fig. 2 Taf. III zeigt nach mikrometrischen Messungen die Lage dieser Linien und Streifen in Bezug auf die festen Linien des Sonnenspectrums. Die Natriumlinie *D* wird gerade von einem dieser breiten Streifen fortgenommen und daraus entspringt der sonderbare Umstand, dafs eine Natriumflamme, wenn man sie durch eine fufslange Didymlösung betrachtet, unsichtbar ist, während weifse Gegenstände, in derselben Weise untersucht, nur schwach gefärbt erscheinen.

XIII. *Neues leicht flüssiges Metallgemisch.*

Im Bd. CXII S. 496 dieser Annalen wurde Nachricht gegeben von einem durch den Dr. B. Wood entdeckten, zwischen 150° und 160° F. schmelzenden Metallgemisch, bestehend aus 1 bis 2 Kadmium, 7 bis 8 Wismuth, 2 Zinn und 4 Blei. Seitdem hat Derselbe ein neues leichtflüssiges Metallgemisch entdeckt, welches zwar einen etwas höheren Schmelzpunkt besitzt, nämlich 180° F., dafür aber nur aus drei Metallen besteht, nämlich 1 Th. Kadmium, 6 Th. Blei und 7 Th. Wismuth.

Diese Legirung hat einen starken Metallglanz und läuft nicht leicht an, ist blaugrau von Farbe, dem Platin ähnlich. Es ist in dünnen Platten sehr biegsam und bricht mit hakigem Bruch, in dickeren Stangen hat es einen ebenen Bruch, ähnlich dem angelassenen Stahl. Es ist schmiedbar aber nicht vollkommen, seine Härte ist etwa der des Wismuths gleich (*Silliman Journ. New. Ser. Vol. XXXIII p.* 276).

XIV. *Berichtigung.*

In dem kürzlich erschienenen Giefsener Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie für 1861, Seite 241 befindet sich die Angabe, Siewert habe aus meinen über die Atomgewichtsbestimmung des Chroms veröffentlichten Versuchen die Zahl 25,02 für das Atomgewicht des Metalles abgeleitet. Wie ich dagegen aus der mir von dem Hrn. Verfasser gütigst zugeschickten Originalabhandlung ersehe, hat derselbe nicht 25,02 sondern 26,02 aus meinen Versuchen berechnet, welche Zahl fast übereinstimmt mit der aus den seinigen resultirenden, 26,05. Die Angabe des Giefsener Jahresberichts ist somit einfach als Druckfehler zu berichtigen.

Es ist aber auch in meiner auf dieses Thema bezüglichen Arbeit, Pogg. Annalen Bd. 114, S. 139 ein Fehler stehen geblieben, welcher möglicherweise zu einem Mifsverständnifs Veranlassung geben könnte. Es steht dort als Ueberschrift der dritten Zahlenspalte *Chlor*salzlösung und sollte anstatt dessen heifsen *Chrom*salzlösung, d. i. Lösung von zweifach chromsaurem Kali.

Iserlohn 15. Oct. 1861.

F. Kessler.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Stallschreiberstrafse 47.

1862. ANNALEN No. 11.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND CXVII.

I. *Ueber die Brechungsexponenten flüssiger homologer Verbindungen; von H. Landolt.*

In das Studium der physikalischen Eigenschaften homologer, aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehender Flüssigkeiten, welches wie bekannt bereits so interessante Beziehungen zwischen chemischer Zusammensetzung und specifischem Volum, Siedepunkt usw. erkennen liefs, sind bis jetzt noch wenig hineingezogen worden: die Lichtbrechungsindices. Aufser einer Anzahl Bestimmungen von Brechungsexponenten vereinzelter organischer Körper, welche Cahours und Becquerel, Deville, Baden-Powell u. A. ausführten, besitzen wir nur die Arbeit von Delffs[1]), der die mittleren Indices einer Anzahl zusammengesetzter Aetherarten bestimmte, und endlich die schöne Untersuchung von Dale und Gladstone[2]) über den Einfluſs der Temperatur auf die Lichtbrechung, in der besonders die Glieder der Alkoholreihe berücksichtigt wurden. Was aus den vorhandenen Beobachtungen in Bezug auf den Einfluſs des Stoffs auf die Fortpflanzung des Lichts hauptsächlich entnommen werden konnte, war, daſs einmal die Brechungsexponenten der Glieder homologer Reihen mit der steigenden Anzahl von Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen zunehmen, und ferner isomere Körper nahe übereinstimmende Indices besitzen. Berthelot[3]) hat weiter dieselben benutzt, um eine Relation zwischen Moleculargе-

1) Pogg. Ann. Bd. 81 S 470.
2) *Phil. Transact. 1858, S.* 887.
3) *Ann. de Chim. et de Phys. Bd.* 48 *p.* 342.

wicht P, Dichte d und Brechungsindex n nach dem Ausdruck: $P\left(\frac{n^2-1}{d}\right)$, der von ihm als specifisches Brechungsvermögen des Molecüls bezeichnet wird, aufzusuchen. Er findet dafs die resultirenden Zahlen erstens nahe liegen bei denjenigen Substanzen, welche gleiche specifische Volume besitzen, wie z. B. bei Aethyl-Alkohol und Essigsäure, Amyl-Alkohol und Valeriansäure, und dafs sie zweitens bei einer homologen Reihe für eine gleiche Zusammensetzungsdifferenz auch gleiche Unterschiede zeigen, nämlich $n.18$ für nCH_2. Endlich soll sich nach Berthelot das specifische Brechungsvermögen x des Molecüls einer zusammengesetzten Aetherart ableiten lassen aus denjenigen des zugehörigen Alkohols A, der zugehörigen Säure B, und des Wassers C, nach der empirischen Formel: $A+B-C=x$.

In strengerer Form sind die Beobachtungen von Dale und Gladstone jüngst von Schrauf [1]) in seiner Abhandlung über die Abhängigkeit der Fortpflanzung des Lichts von der Körperdichte in Betracht gezogen worden. Ausgehend von der Cauchy'schen Formel für den Brechungsindex $\mu = A + \frac{B}{\lambda^2}$ gelangt er für den Connex zwischen den Constanten derselben und der Dichte D zu den Ausdrücken

$$\frac{A^2-1}{D} = M, \text{ und } \frac{B}{D^2} = N,$$

von welchen M als Refractions- und N als Dispersionsvermögen bezeichnet wird. Die Rechnungen ergeben, dafs M und N für jede Verbindung constante Gröfsen sind, blofs abhängig von der chemischen Zusammensetzung, und somit als charakterisirende Merkmale der Materie zu betrachten.

Genügende Anhaltspunkte zu genauern Betrachtungen über den Einfluſs der Substanz auf das Licht bietet das vorhandene Beobachtungsmaterial nicht. Ich habe mir daher, namentlich auf Veranlassung meines Collegen Prof. Beer, zur Aufgabe gestellt, die Brechungsexponenten flüssiger or-

1) Pogg. Ann. Bd. 116 S. 193.

ganischer Verbindungen, welche homologe Reihen miteinander bilden, zu bestimmen, indem bei diesen am leichtesten die Enthüllung eines bestimmten Gesetzes erwartet werden konnte. In vorliegender Abhandlung theile ich zunächst die für die Glieder der einbasischen Säurereihe CnH_2nO_2 ausgeführten Beobachtungen mit.

Zu genauen Bestimmungen von Brechungsindices haben bis jetzt entweder die Fraunhofer'schen Linien gedient, oder die von Brewster entdeckten Absorptionsstreifen, welche beim Durchgang von Tages- oder Lampenlicht durch eine Schicht Untersalpetersäuregas auftreten. Mit ungleich gröfserer Bequemlichkeit läfst sich als Lichtquelle das in einer engen Geifsler'schen Röhre durch den Inductionsfunken zum Glühen erhitzte Wasserstoffgas anwenden, dessen Spectrum Plücker in seiner Abhandlung: Ueber die elektrischen Spectra der verschiedenen Gase und Dämpfe [1]) kennen gelehrt hat. Es zerlegt sich dieses, dem bloſsen Auge tief roth erscheinende Licht beim Durchgange durch ein Prisma in drei glänzende Streifen, von welchen der am schwächsten gebrochene α eine rothe, der zweite β eine bläulichgrüne, und der dritte etwas lichtschwächere γ eine violette Farbe zeigt. Plücker hat die diesen drei Strahlen entsprechenden Wellenlängen bestimmt und für dieselben folgende, in Hunderttausendsteln des Centimeters ausgedrückten Werthe gefunden:

$$\lambda_\alpha = 6{,}533$$
$$\lambda_\beta = 4{,}843$$
$$\lambda_\gamma = 4{,}339.$$

Die Lage dieser drei Wasserstofflinien ergiebt sich durch Vergleichung mit nachstehenden, den Fraunhofer'schen Linien zukommenden Wellenlängen, welche auf dieselbe Einheit bezogen sind:

λ_B	λ_C	λ_D	λ_E	λ_F	λ_G	λ_H
6,878,	6,564,	5,888,	5,260,	4,843,	4,291,	3,928.

1) Pogg. Ann. Bd. 107 S. 497.

Diese Lichtquelle bietet den grofsen Vortheil, zu jeder Zeit anwendbar zu seyn und eine bedeutende Intensität zu besitzen. Die Beobachtungen können ohne Anstrengung des Auges rasch und sicher ausgeführt werden, da nur wenige Streifen vorhanden sind, und das Einstellen eines Fadenkreuzes leichter auf helle Linien in dunkelem Grunde als bei umgekehrter Erscheinung sich vornehmen läfst [1]). Es war nur durch die Anwendung dieses Mittels möglich, eine so grofse Zahl von Brechungsexponenten zu bestimmen, wie sie in den nachfolgenden Tabellen enthalten sind.

Zu den Messungen diente ein vorzüglich gearbeitetes Meyerstein'sches Spectrometer [2]), dessen sechszölliger Theilkreis die Nonienablesung von 10 Sekunden gestattete. Vor der Spalte des Instruments wurde die Geifsler'sche Wasserstoffröhre aufgestellt, die aus einem engen Thermometerrohr bestand, mit erweiterten Enden, durch welche die mit den Polen eines Ruhmkorff'schen Apparates verbundenen Elektroden führten. Zur Aufnahme der Flüssigkeiten benutzte ich ein durchbohrtes Prisma von schwarzem Glase, dessen brechende Flächen durch planplane Platten gebildet waren, die ohne Anwendung von Kitt, nur durch den Druck einer Feder, den Hohlraum vollkommen dicht schlossen [3]). Da bisweilen behufs Reinigung des Prisma die Deckplatten abgenommen und neu aufgesetzt wurden, so war der brechende Winkel wechselnd, und mufste für die jedesmaligen Versuchsreihen besonders ermittelt werden. Er schwankte zwischen 49° 38′ 20″ und 49° 43′ 00″. Wiederholte Messungen, bei welchen das Bild der beleuchteten Spalte des Instruments sowohl an der äufsern Fläche der Deckplatten als auch nach dem Eingiefsen von Quecksilber an der innern Seite reflectiren gelassen wurde, gaben

1) Durch Ueberziehen der Elektroden des Wasserstoffrohrs mit einer Natriumverbindung kann auch noch die Natriumlinie im Spectrum hervorgebracht und bei Messungen benutzt werden.

2) Pogg. Ann. Bd. 98, S. 91.

3) Diese sehr zu empfehlenden Prismen werden ebenfalls vom Inspector *Meyerstein* in Göttingen geliefert.

übereinstimmende Zahlen. Durch mehrfache Versuche habe ich mich ferner überzeugt, dafs die Aenderungen des brechenden Winkels durch Temperatur-Verschiedenheiten, wie sie bei den nachfolgenden Versuchsreihen in Anwendung kamen, unter 10 Sekunden lagen und daher aufser Betracht gelassen werden konnten.

Die Bestimmungen der Brechungsindices wurden durchgängig nach der Methode der Minimal-Ablenkung ausgeführt, und zu deren Berechnung diente die bekannte Formel:

$\mu = \frac{\sin\frac{\alpha+\varphi}{2}}{\sin\frac{\varphi}{2}}$, worin α den Winkel der kleinsten Ablenkung, und φ den brechenden Winkel bedeutet.

Wie namentlich die Untersuchungen von Dale und Gladstone gezeigt haben, ist der Brechungsindex einer Flüssigkeit in erheblichem Grade von der Temperatur abhängig, er vermindert sich wenn dieselbe zunimmt. Bei den nachfolgend abgehandelten Säuren bewirkte innerhalb der gewöhnlichen Temperaturgränzen eine Abkühlung um 1° C. durchschnittlich eine Vermehrung von 1′ 30″ in der Ablenkung oder von 4 Einheiten in der vierten Decimale des Brechungsexponenten. Bei Wasser dagegen brachte eine Veränderung der Temperatur um 1° nur einen Unterschied von 20 bis 30 Sekunden im Ablenkungswinkel = 1 Einheit in der vierten Stelle des Exponenten hervor.

Es war somit nöthig, die Brechungsindices aller Substanzen bei ganz genau derselben Temperatur zu bestimmen. Als solche habe ich 20° genommen. In Folge der Leichtigkeit und Schnelligkeit mit welcher die Beobachtungen mit Hülfe des Geifsler'schen Wasserstoffrohrs und des Meyerstein'schen Spectrometers sich ausführen lassen, war es indefs keine grofse Arbeit, für die nämliche Substanz die Indices bei einer ganzen Reihe von Temperaturgraden zu ermitteln. Nach mehrfach abgeänderten Versuchen gab für diese Bestimmungen folgendes einfache Verfahren vollkommen befriedigende Resultate: Durch die obere Oeffnung des Hohlprisma wurde ein feines in fünftel Grade

getheiltes Thermometer eingeführt, dessen sehr kleines Quecksilbergefäfs bis in die Mitte der Flüssigkeit eintauchte. Das abnehmbare Tischchen des Meyerstein'schen Instruments, auf welchem das Prisma sich befand, stellte man nun mit diesem so lange auf eine erhitzte Metallplatte bis die Temperatur auf 30° sich erhoben hatte, und setzte dasselbe hierauf wieder an seine Stelle im Spectrometer. So lange die Temperatur der Flüssigkeit noch im geringsten ungleichförmig war, zeigte sich das Spectrum verworren, nach und nach traten aber die drei Wasserstofflinien vollkommen scharf hervor. Es wurden nun während der sehr langsamen Abkühlung des Prisma von Grad zu Grad die Beobachtungen ausgeführt. Das Thermometer sank zwischen 30° und 25° in Zeit von 8 bis 15 Minuten [1]), und bei den niedrigeren Temperaturgraden in ungefähr $\frac{1}{2}$ Stunde um 1°, so dafs hinreichende Mufse blieb um die Einstellungen mit Genauigkeit vornehmen zu können. Nach je 4° Temperaturverminderung wurde die Minimumstellung des Prisma von Neuem revidirt. Für jede Substanz sind mindestens zwei Versuchsreihen ausgeführt worden, wobei man die Ablenkung für die drei Strahlen in abwechselnder Ordnung bestimmte. Wiederholte Messungen für den nämlichen, mehrmals durch Erwärmen und nachheriges Erkaltenlassen des Prisma erreichten Temperaturgrad wichen nie mehr als um 20 Sekunden von einander ab, was im Brechungsindex eine Differenz von acht Einheiten in der fünften Decimale ausmacht. Es liefsen sich daher die Indices vollkommen sicher auf vier Stellen ermitteln und es darf auch die fünfte als nicht ohne Bedeutung mit angeführt werden. Alle in den nachfolgenden Tabellen enthaltenen Brechungsexponenten sind auf diese Weise gefunden und nicht, wie ich hervorhebe, durch Interpolation bestimmt worden [2]).

1) Bei einer anfänglichen Zimmertemperatur von ungefähr 20°; dieselbe wurde nachher erniedrigt.

2) Zur Vergleichung der mittelst meines Instruments erhaltenen Brechungs*indices* mit solchen von anderen Beobachtern gefundenen gebe ich *einige* für Wasser angeführte Messungen an, bei welchen als Lichtquelle

Der Brechungsindex läfst sich bekanntlich nach Cauchy bei schwächer brechenden Mitteln mit hinlänglicher Annäherung ausdrücken durch die Formel:

$$\mu = A + \frac{B}{\lambda^2}$$

in welcher A als Refractions- und B als Dispersionscoëfficient zu betrachten ist. Zur Benutzung bei späteren theoretischen Untersuchungen sind in den nachfolgenden Tabellen für alle Substanzen die beiden Constanten A und B berechnet. Zu ihrer Feststellung wurden die Brechungsindices für den rothen Strahl μ_α und den violetten μ_γ zu Grunde gelegt, indem man die Gleichungen setzte:

eine Natronflamme diente. Die Indices sind zugleich mit Hülfe von weiter unten bei Wasser angegebenen Zahlen auf die Temperatur 20° reducirt.

Bei Anwendung eines Prisma von 49° 35′ 20″ brechendem Winkel wurden erhalten:

t	Kl. Ablenkung	gefunden μ_D	red. auf 20°
17°	18° 23′ 40″	1,33314	1,33285
18°,75	— 23′ 00″	1,33295	1,33283
19°	— 22′ 50″	1,33290	1,33280
20°	— 22′ 30″	1,33281	1,33281.

Mit Hülfe eines Prisma von 59° 33′ 20″ brechendem Winkel ergaben sich:

17°	23° 21′ 50″	1,33315	1,33286
18°,75	— 20′ 50″	1,33293	1,33281
19°	— 20′ 40″	1,33290	1,33280.

Es haben dagegen gefunden:

	t_0	μ_D	red. auf 20°
Fraunhofer[1])	18°,75	1,33358	1,33346
Dale und Gladstone[2])	20°	1,3320	1,3320
Baden-Powell[3])	15°,8	1,3343	1,3339
W. Schmidt[4])	23°,09	1,33417	1,33448
»	18°,75	1,33493	1,33481
»	17°,73	1,33511	1,33489

1) Beer, Höh. Optik S. 411. 2) A. a. O. 3) Pogg. Ann. Bd. 69 S. 110. 4) Pogg. Ann. Bd. 107 S. 539.

Man sieht, dafs die von mir gefundenen Zahlen in der Mitte liegen zwischen *den Fraunhofer'schen* und Dale-Gladstone'schen Beobachtungen.

$$\mu_\alpha = A + \frac{B}{\lambda^2_\alpha}$$

$$\mu_\gamma = A + \frac{B}{\lambda^2_\gamma},$$

woraus sich ergiebt:

$$B = \frac{\mu_\gamma - \mu_\alpha}{\frac{1}{\lambda^2_\gamma} - \frac{1}{\lambda^2_\alpha}}$$

$$A = \mu_\gamma - \frac{B}{\lambda^2_\gamma}.$$

Für Wasser ergaben beispielsweise die Beobachtungen folgende Indices bei 19°:

$$\mu_\alpha = 1{,}33120$$
$$\mu_\beta = 1{,}33723$$
$$\mu_\gamma = 1{,}34050.$$

Aus μ_α und μ_γ und den Wellenlängen:

$$\lambda_\alpha = 6{,}533$$
$$\lambda_\gamma = 4{,}339$$

erhält man für die Constanten bei 19° die Werthe:

$$A = 1{,}32386$$
$$B = 0{,}313286.$$

Ermittelt man zur Prüfung ihrer Genauigkeit mit Hülfe derselben z. B. den Brechungsexponenten für den grünen Strahl, dessen Wellenlänge = 4,843, so resultirt:

$$\mu_\beta = 1{,}33722$$

womit die oben angeführte Beobachtung vollständig übereinstimmt.

Ferner ergiebt sich z. B. der Brechungsindex des Wassers bei 19° für die Fraunhofer'sche Linie *D*, welcher die Wellenlänge 5,888 zukommt aus der Formel

$$\mu_D = A + \frac{B}{\lambda^2_D} = 1{,}33290.$$

Die Messungen ergaben ebenfalls genau 1,33290.

Den umständlichsten Theil der Arbeit bildete die Reindarstellung der Präparate. Schon kleine Beimischungen einer fremden Substanz können sehr bedeutende Aenderungen im Brechungsindex hervorbringen, Fehler welche diejenigen der Messung weit überwiegen. Um zu sicheren Zah-

len zu gelangen, sind daher die meisten Präparate wiederholt dargestellt und untersucht worden. Da Siedepunkt und spec. Gew. der oft sehr abweichenden Angaben wegen, welche man über dieselben angeführt findet, nicht als vollkommen genügende Anhaltspunkte bei der Beurtheilung der Reinheit der Körper benutzt werden können [1]), so wurden bei allen Substanzen wiederholt Analysen ausgeführt. Viele derselben hat mein Assistent Hr. Bettendorf vorgenommen, der sich auch bei den Darstellungen der Körper eifrig betheiligte.

Ich führe zunächst eine Reihe von Bestimmungen der Brechungsexponenten des Wassers zwischen den Temperaturgraden 15° und 30° an. Dasselbe wurde vor den Versuchen durch Kochen von Luft befreit.

1. Wasser H_2O [2]).

Tab. I.

$t°$	$\mu\alpha$	$\mu\beta$	$\mu\gamma$	A	B
15	1,33159	1,33761	1,34091	1,32423	0,31396
16	1,33149	1,33752	1,34081	1,32413	0,31396
17	1,33139	1,33742	1,34072	1,32403	0,31430
18	1,33130	1,33733	1,34062	1,32394	0,31396
19	1,33120	1,33723	1,34050	1,32386	0,31329
20	1,33111	1,33712	1,34038	1,32379	0,31228
21	1,33101	1,33701	1,34028	1,32369	0,31228
22	1,33092	1,33689	1,34019	1,32360	0,31228
23	1,33082	1,33680	1,34008	1,32351	0,31194
24	1,33073	1,33668	1,33997	1,32344	0,31127
25	1,33063	1,33658	1,33983	1,32334	0,31093
26	1,33054	1,33647	1,33973	1,32326	0,31059
27	1,33044	1,33637	1,33961	1,32319	0,30924
28	1,33034	1,33627	1,33947	1,32313	0,30790
29	1,33020	1,33613	1,33933	1,32299	0,30756
30	1,33010	1,33599	1,33919	1,32292	0,30621

Werden mit Hülfe der Cauchy'schen Formel aus den Constanten A und B die Brechungsindices des Was-

1) Man betrachte die Zusammenstellung der für die organischen Säuren, Alkohole, zusammengesetzten Aetherarten usw. von verschiedenen Beobachtern gefundenen Siedepunkte und spec. Gewichte, welche Kopp in den *Ann. d. Chem. u. Pharm.* Bd. 59 S. 9 und 166 gegeben hat.

2) $H = 1$; $C = 12$; $O = 16$.

sers bei 20°, bezogen auf die Fraunhofer'schen Linien, berechnet, so ergeben sich folgende Zahlen:

B	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*H*
1,33039	1,33104	1,33280	1,33508	1,33710	1,34075	1,34403

Für die Zu- oder Abnahme, welche die Brechungsindices des Wassers durch eine Temperaturveränderung von 1° erleiden, erhält man aus Tab. I nachstehende mittlere Werthe

	für:	$\mu\alpha$	$\mu\beta$	$\mu\gamma$
zwischen 15°	und 20°:	0,000096	0,000098	0,000106
» 20°	» 25°:	0,000096	0,000108	0,000110
» 25°	» 30°:	0,000106	0,000118	0,000128.

Man sieht, dafs mit steigender Temperatur die Indices sich in immer stärkerem Grade verändern, wie diefs auch schon von Dale und Gladstone beobachtet worden ist.

Die obigen Zahlen lassen sich benutzen, um bei verschiedenen Temperaturgraden ausgeführte Messungen in einfacher Weise auf einander zu reduciren. Der hiedurch erreichbare Annäherungsgrad an die Beobachtung ergiebt sich aus folgenden Beispielen:

	$\mu\alpha$	$\mu\beta$	$\mu\gamma$
1) gefund. bei 16°	1;33149	1,33752	1,34081
reduc. auf 20°	1,33111	1,33713	1,34039
gefund. bei 20°	1,33111	1,33712	1,34038
2) gefund. bei 25°	1,33063	1,33658	1,33983
reduc. auf 20°	1,33111	1,33712	1,34038
3) gefund. bei 29°	1,33020	1,33613	1,33933
reduc. auf 26°	1,33052	1,33648	1,33971
gefund. bei 26°	1,33054	1,33647	1,33973.

2. Ameisensäure CH_2O_2.

I. Ueber ameisensaures Bleioxyd wurde bei 100° sorgfältig getrocknetes Schwefelwasserstoffgas geleitet, und die erhaltene Säure über eine neue Portion des Bleisalzes abdestillirt. Bildung von Thioformylsäurekrystallen hatte nicht stattgefunden. Bei der Rectification siedete die an *der Luft* ziemlich stark rauchende Flüssigkeit constant zwi-

schen 99°,8 und 100°,3 bei 754mm,3 Bar. [1]). Spec. Gew. bei 20° = 1,2211. Die Elementaranalysen gaben:

			Formel:	
Kohlenstoff	25,93	26,01	26,08	Proc.
Wasserstoff	4,49	4,43	4,35	»
Sauerstoff	—	—	69,57	»

Brechungsindices	α	β	γ
bei 20°	1,36927	1,37643	1,38041

II. Eine Quantität von 1 Pfund Ameisensäurehydrat, welches in der chemischen Fabrik von Dr. Marquart ebenfalls durch Zersetzen des trocknen Bleisalzes mit Schwefelwasserstoff dargestellt worden war, ging bei der Destillation zum gröfsten Theil bei dem constanten Siedepunkt 104°,9 (Bar. 756,7) über. Diese Portion zeigte ein spec. Gew. von 1,2165 bei 20°, und bei derselben Temperatur die Indices

α	β	γ
1,36922	1,37637	1,38036.

III. Eine dritte auf dieselbe Weise bereitete Säure destillirte bei der Rectification zwischen 101°,3 und 102°,3 bei 762mm Bar. Spec. Gew. bei 20° = 1,2214

Brechungsindices	α	β	γ
bei 20°	1,36934	1,37650	1,38068.

Als Normalpräparat wurde das bei der Darstellung I erhaltene genommen, und für dasselbe die Brechungsexponenten bei mehreren Temperaturgraden bestimmt.

1) Bei sämmtlichen Siedepunktsangaben ist der Fehler, welcher durch die geringere Erwärmung des aufserhalb des Siedegefäfses befindlichen Theils des Quecksilberfadens hervorgebracht wird, nach der von Kopp (Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 94 S. 262) gegebenen Formel corrigirt. Die Barometerablesungen sind alle auf 0° reducirt.

Tab. II. Ameisensäure.

Siedepunkt 100°. Spec. Gew. bei 20° = 1,2211.

t	$\mu\alpha$	$\mu\beta$	$\mu\gamma$	A	B
18	1,37003	1,37728	1,38128	1,36115	0,37898
19	1,36965	1,37686	1,38083	1,36083	0,37662
20	1,36927	1,37643	1,38041	1,36048	0,37527
21	1,36885	1,37606	1,37994	1,36010	0,37359
22	1,36847	1,37568	1,37947	1,35979	0,37055
23	1,36809	1,37525	1,37904	1,35943	0,36972
24	1,36767	1,37488	1,37862	1,35901	0,36972
25	1,36729	1,37447	1,37819	1,35869	0,36719
26	1,36687	1,37408	1,37782	1,35821	0,36972
$\Delta 1°$ [1])	0,000395	0,000400	0,000433	0,000368	

Berechnet man aus A und B die Brechungsindices für die Fraunhofer'schen Linien bei 20°, so resultiren folgende Werthe:

B	C	D	E	F	G	H
1,36841	1,36919	1,37130	1,37404	1,37648	1,38086	1,38480.

Durch Hinzufügen von Wasser zu Ameisensäure werden die Brechungsexponenten derselben erniedrigt, und zwar um so mehr, je gröfser der Wassergehalt der Mischung. Das Nämliche ist der Fall mit der Dichtigkeit. Es wurden folgende Gemenge untersucht:

1) Unter $\Delta 1°$ ist immer das Mittel der Differenzen zwischen den Indices der ganzen Reihe angegeben.

Auf 46 Th. Ameisensäure = 1 Mol. hinzugesetztes Wasser	Wassergehalt in Proc.	Verhältnifs der Molecüle CH_2O_2 u. H_2O	Spec. Gew. bei 20°	Brechungsindices bei 20°			A	B
				α	β	γ		
Reine Ameisensäure			1,2211	1,36927	1,37643	1,38041	1,36048	0,37527
9 Th. = ½ Mol.	16,36	2 : 1	1,1897	1,36685	1,37387	1,37791	1,35812	0,37258
18 » = 1 »	28,12	1 : 1	1,1666	1,36335	1,37029	1,37424	1,35476	0,36685
27 » = 1½ »	36,99	2 : 3	1,1363	1,35838	1,36505	1,36887	1,35010	0,35337

3. Essigsäure $C_2H_4O_2$.

Von dieser Säure sind eine grofse Zahl von Bestimmungen ausgeführt worden, sowohl in Folge der schwankenden Resultate, welche sich anfangs ergaben, als auch des auffallenden Umstandes wegen, dafs die Indices sehr wenig abwichen von denjenigen der Ameisensäure. Deville [1]) hat bereits bemerkt, dafs der Brechungsexponent der Essigsäure sich bei Zusatz von Wasser bis zu einem gewissen Grade erhöht, und wie aus den nachfolgenden Bestimmungen hervorgeht, ist schon ein kleiner Wassergehalt hinreichend, um eine sehr erhebliche Veränderung desselben hervorzubringen. Von den zahlreichen Präparaten, welche untersucht wurden, führe ich folgende an:

1) Pogg. Ann. Bd. 57 S. 267.

I. 4 Pfund käuflicher Eisessig wurde bei einer Temperatur von 10° mehrmals erstarren gelassen und das Flüssige abgegossen. Die rückständige Masse der Destillation unterworfen, begann bei 114° zu sieden, das Thermometer stieg dann gleichförmig bis 118°, und hierauf sehr langsam bis 119°. Bar. 762^{mm}. Das Uebergehende wurde in 6 Portionen aufgefangen, von welchen die beiden letzten beinahe die Hälfte des gesammten Destillates ausmachten.

Port.	Siedepunkt	Wassergehalt in Proc.	Spec. Gew. bei 20°	Brechungsindices bei 20°		
				α	β	γ
1	114 —115	3,2	1,0587	1,37346	1,38029	1,38418
2	115 —116	1,8	1,0569	1,37295	1,37972	1,38357
3	116 —117	0,5	1,0550	1,37200	1,37864	1,38253
4	117 —118	0,35	1,0538	1,37158	1,37826	1,38211
5	118 —118,5	—	1,0525	1,37092	1,37765	1,38145
6	118,5—119	0,13	1,0518	1,37063	1,37737	1,38117

Der Procentgehalt an Wasser wurde durch Titrirung [1]) der Essigsäure gefunden, die angeführten Zahlen sind die Mittel mehrer Bestimmungen. Die Portion 6 gab bei der Elementaranalyse:

		Formel.
Kohlenstoff	40,01	40,00 Proc.
Wasserstoff	6,86	6,67 »
Sauerstoff	—	53,33 »

II. Essigsäure nach der Mitscherlich'schen Methode durch Erhitzen von entwässertem Bleizucker mit zweifach schwefelsaurem Kali erhalten, destillirte bei der Rectification zwischen 115° und 118°. Bar. 751^{mm}. Das Destillat wurde in drei gleich grofsen Portionen aufgefangen:

1) Die Titrirungen der Säuren wurden in der Art ausgeführt, dafs man die Substanz in dünnen Glaskugeln abwog, diese unter einem abgemessenen Volum verdünnter Natronlauge von bekanntem Gehalt zerbrach, und den Ueberschufs an Alkali mittelst Oxalsäure zurücktitrirte.

Port	Siedepunkt	Spec. Gew. bei 20°	Brechungsindices bei 20°		
			α	β	γ
1	115—116	1,0605	1,37343	1,38021	1,38406
2	116—117	1,0567	1,37175	1,37844	1,38220
3	117—117,5	1,0516	1,37010	1,37675	1,38050

III. Concentrirte Essigsäure wurde nach dem von Melsens angegebenen Verfahren über essigsaures Kali abdestillirt, und die beim Erhitzen auf 200° und 290° übergehende Flüssigkeit der Rectification unterworfen. Der gröfste Theil der Säure zeigte den constanten Siedepunkt bei 117°,8 bei 756^{mm},7 Bar. Spec. Gew. bei 20° = 1,0514

Brechungsindices	α	β	γ
bei 20°	1,36985	1,37648	1,38017

Die Elementaranalysen dieser Säure gaben:

			Formel:
Kohlenstoff	39,94	39,89	40,00 Proc.
Wasserstoff	6,76	6,73	6,67 »
Sauerstoff	—	—	53,33 »

Wie man sieht weichen die Messungen bei den verschiedenen Präparaten nicht unerheblich von einander ab. Als wasserfreieste Essigsäure mufs diejenige betrachtet werden, welche den kleinsten Brechungsexponent besitzt. Diefs ist der Fall bei dem Präparate III, das auch nahe übereinstimmt mit II, 3. Das erstere gab folgende Indices bei 18° bis 26°.

Tab. IV. Essigsäure.

Siedepunkt 118°. Spec. Gew. bei 20° = 1,0514.

$t°$	$\mu\alpha$	$\mu\beta$	$\mu\gamma$	A	B
18	1,37065	1,37724	1,38107	1,36243	0,35102
19	1,37025	1,37688	1,38064	1,36205	0,35001
20	1,36985	1,37648	1,38017	1,36170	0,34765
21	1,36942	1,37607	1,37975	1,36127	0,34798
22	1,36899	1,37568	1,37933	1,36083	0,34832
23	1,36857	1,37526	1,37890	1,36042	0,34798
24	1,36819	1,37483	1,37848	1,36007	0,34664
25	1,36776	1,37440	1,37806	1,35963	0,34697
26	1,36731	1,37398	1,37763	1,35916	0,34765
$\Delta 1°$	0,000418	0,000408	0,000430	0,000409	

Auf die Fraunhofer'schen Linien bezogen, ergeben sich bei 20° folgende Indices:

B	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*H*
1,36905	1,36977	1,37173	1,37427	1,37652	1,38058	1,38423.

Wie bekannt, erhöht sich die Dichtigkeit der Essigsäure durch Beimischung von Wasser bis zu einem gewissen Grade, sie wird am gröfsten, wenn auf 1 Mol. $C_2H_4O_2$ 1 Mol. H_2O vorhanden ist, und nimmt durch weitern Wasserzusatz wieder ab. Dafs ein ähnliches Verhältnifs auch hinsichtlich des Brechungsexponenten stattfindet, hat schon Deville[1]) dargethan, indem er fand, dafs die Essigsäure von dem Maximum der Dichtigkeit einen gröfsern Index besitzt, als das reine Hydrat oder eine stärker verdünnte Säure. Ob indefs das Maximum des Brechungsexponenten ebenfalls wie dasjenige der Dichtigkeit genau auf das Hydrat $C_2H_4O_2 + H_2O$ falle, oder auf eine andere dieser nahe liegende Verdünnung, blieb unentschieden und ich habe deshalb hierüber einige Versuche angestellt. Für verschiedene, nach Gewichtstheilen bereitete Mischungen von Wasser und Essigsäure (Präparat III) ergaben sich nachstehende Resultate:

1) A. a. O.

Tabelle V.

Auf 60 Th. Essigsäure = 1 Mol. hinzugesetztes Wasser	Wassergehalt in Proc.	Verhältnifs der Molecüle $C_2H_4O_2$ u. H_2O	Spec. Gewicht bei 20°	Brechungsindices bei 20° α	β	γ	A	B
Reine Essigsäure			1,0514	1,36985	1,37648	1,38017	1,36170	0,34765
4,5 Th. = ¼ Mol.	6,98	4 : 1	1,0594	1,37387	1,38064	1,38448	1,36548	0,35742
9 » = ½ »	13,04	2 : 1	1,0684	1,37608	1,38289	1,38678	1,36763	0,36045
13,5 » = ¾ »	18,37	4 : 3	1,0700	1,37556	1,38245	1,38627	1,36711	0,36078
18 » = 1 »	23,08	1 : 1	1,0706	1,37448	1,38138	1,38523	1,36600	0,36213
22,5 » = 1¼ »	27,27	4 : 5	1,0693	1,37335	1,38031	1,38416	1,36482	0,36415
27 » = 1½ »	31,03	2 : 3	1,0686	1,37222	1,37923	1,38303	1,36369	0,36415

Bei einer zweiten Versuchsreihe, für welche Essigsäure (Präparat I, 4) und Wasser nach Volumtheilen gemischt worden waren, resultirten bei der Temperatur 19° folgende Zahlen:

Tabelle VI.

Gemischte Volumtheile Essigsäure und Wasser	Wassergehalt in Gew.-Proc.	Anzahl der Mol. Wasser auf 1 Mol. Essigs.	Spec. Gew. bei 19°	Brechungsindices bei 19°			A	B
				α	β	γ		
10 + 0	0	—	1,0547	1,37199	1,37868	1,38254	1,36364	0,35621
9 + 1	10,44	0,4	1,0692	1,37605	1,38292	1,38682	1,36755	0,36281
9 + 1,4	13,04	0,5	1,0702	1,37648	1,38329	1,38719	1,36803	0,36078
8 + 2	19,97	0,8	1,0725	1,37558	1,38249	1,38635	1,36708	0,36281
8 + 2,5	23,08	1,0	1,0729	1,37488	1,38178	1,38564	1,36639	0,36247
7 + 3	29,61	1,4	1,0713	1,37289	1,37972	1,38362	1,36442	0,36146
6 + 4	39,34	2,1	1,0670	1,36878	1,37548	1,37920	1,36056	0,35101
5 + 5	49,18	3,2	1,0606	1,36433	1,37090	1,37468	1,35616	0,34866
4 + 6	59,13	4,8	1,0525	1,35903	1,36556	1,36911	1,35108	0,33956
3 + 7	69,18	7,5	1,0419	1,35323	1,35959	1,36305	1,34548	0,33080
2 + 8	79,35	12,8	1,0294	1,34653	1,35266	1,35613	1,33895	0,32339
1 + 9	89,62	28,7	1,0159	1,33933	1,34548	1,34881	1,33185	0,31935
0 + 10	100	—	—	1,33120	1,33723	1,34050	1,32386	0,31329

Es ergiebt sich aus diesen beiden Versuchsreihen mit Sicherheit, dafs der gröfste Brechungsindex nicht wie vorausgesetzt werden konnte, dem Essigsäurehydrat von dem Maximum der Dichtigkeit zufällt. Dieses letztere besitzt die Formel $C_2H_4O_2 + H_2O$ [1]), das Maximum des Brechungsexponenten zeigt sich dagegen bei dem Hydrat $2C_2H_4O_2 + H_2O$ [2]).

Die Veränderungen der Indices und der Dichte bei den in Tab. VI angegebenen Mischungen sind auf Taf. IV Fig. 1 graphisch dargestellt. Den Abscissen entsprechen die Procentmengen an Wasser, den Ordinaten im untern Theile des Netzes die spec. Gewichte, im obern die Brechungsexponenten. Man sieht dafs die Curven für die drei Indices nicht in derselben Weise laufen, wie die Dichtigkeitscurve.

4. Propionsäure $C_3H_6O_2$.

I. Cyanäthyl, aus Iodäthyl und Cyankalium dargestellt, wurde durch Kochen mit Kalilauge zersetzt und das entstandene propionsaure Kali mit Schwefelsäure destillirt. Die erhaltene Säure neutralisirte man mit kohlensaurem Natron, behandelte die Lösung zur Entfernung darin enthaltener kleiner Mengen von Iod- und Chlornatrium mit Silberoxydhydrat, und zersetzte das hierauf eingetrocknete und geschmolzene Salz durch Erhitzen mit zweifach schwefelsaurem Kali. Das Destillat wurde durch längeres Stehen über glasiger Phosphorsäure entwässert. Bei der Rectification destillirte die Säure zwischen 140°,2 bis 141° bei 755^{mm},7 Bar. Die Portion 140°,6 bis 141° zeigte bei 20° die Dichte 0,9973, und gab bei derselben Temperatur die Brechungsindices:

α	β	γ
1,38459	1,39138	1,39520.

II. Von einer neuen 400 Grm. wiegenden Quantität Propionsäure, ebenfalls aus Cyanäthyl dargestellt, gingen

1) Mit alten *Atomgew.*: $C_4H_4O_4 + 2HO$.
2) Alt: $C_4H_4O_4 + HO$.

bei der Destillation $\frac{2}{3}$ der Flüssigkeit zwischen 139°,8 und 140°,4 über, insbesondere blieb das Thermometer lange bei 140°,1 stationär. Bar. 754^{mm},7. Diese letztere Portion besafs bei 20° das spec. Gewicht 0,9963 und die Indices:

α	β	γ
1,38460	1,39129	1,39513.

Die Elementaranalysen dieser Säure gaben:

			Formel	
Kohlenstoff	48,42	48,58	48,65	Proc.
Wasserstoff	8,37	8,31	8,11	»
Sauerstoff	—	—	43,24	»

Ihre Brechungsindices wurden für folgende Reihe von Temperaturen ermittelt:

Tab. VII. Propionsäure.

Siedepunkt 140°. Spec. Gew. bei 20° = 0,9963.

$t°$	$\mu\alpha$	$\mu\beta$	$\mu\gamma$	A	B
18	1,38540	1,39209	1,39597	1,37706	0,35607
19	1,38502	1,39167	1,39555	1,37671	0,35472
20	1,38460	1,39129	1,39513	1,37629	0,35472
21	1,38418	1,39092	1,39471	1,37587	0,35472
22	1,38376	1,39050	1,39433	1,37542	0,35607
23	1,38334	1,39008	1,39396	1,37496	0,35775
24	1,38296	1,38966	1,39359	1,37457	0,35809
25	1,38258	1,38929	1,39317	1,37422	0,35674
26	1,38221	1,38891	1,39279	1,37386	0,35641
27	1,38179	1,38849	1,39237	1,37344	0,35641
28	1,38141	1,38807	1,39195	1,37309	0,35506
$\Delta 1°$	0,000399	0,000402	0,000402	0,000397	

Die Indices für die Fraunhofer'schen Linien bei 20° sind:

B	C	D	E	F	G	H
1,38379	1,38452	1,38652	1,38911	1,39141	1,39556	1,39928.

Die Propionsäure zeigt beim Mischen mit Wasser ein ähnliches Verhalten wie die Essigsäure. Die Brechungsindices eines Hydrats, welches der Formel $2C_3H_6O_2 + H_2O$ entspricht, sind gröfser als die der reinen Säure oder *eines* wasserreichern Hydrats, gerade wie auch bei der Es-

Maximum für diese fällt bei der Essigsäure auf die Zusammensetzung $C_2H_4O_2 + H_2O$, während die Propionsäure noch eine Zunahme des spec. Gewichts zeigt, wenn mehr als 1 Mol. H_2O auf 1 Mol. $C_3H_6O_2$ vorhanden ist. Die Dichtigkeit des Hydrats $C_3H_6O_2 + 2H_2O$ ergiebt sich gröfser als diejenige von $C_3H_6O_2 + H_2O$, bei welcher Mischung aber das Maximum liegt, habe ich nicht bestimmt. Es wurden folgende Gemenge untersucht:

Tabelle VIII.

Auf 1 Th. Propionsäure = 1 Mol. hinzugesetztes Wasser	Wassergehalt in Proc.	Verhältnifs der Molecüle $C_3H_6O_2$ u. H_2O	Spec. Gewicht bei 20°	Brechungsindices bei 20°			A	B
				α	β	γ		
Reine Propionsäure			0,9963	1,38460	1,39129	1,39513	1,37629	0,35472
9 Th = $\frac{1}{2}$ Mol.	10,84	2 : 1	1,0144	1,38734	1,39427	1,39824	1,37874	0,36718
18 » = 1 »	19,56	1 : 1	1,0220	1,38561	1,39245	1,39637	1,37712	0,36247
27 » = $1\frac{1}{2}$ »	26,73	2 : 3	1,0255	1,38308	1,38987	1,39371	1,37469	0,35809
36 » = 2 »	32,73	1 : 2	1,0274	1,38040	1,38716	1,39104	1,37200	0,35843

Von Interesse war es endlich, die Brechungsexponenten eines Gemisches gleicher Aeq. Essigsäure und Buttersäure zu bestimmen, da ein solches die Zusammensetzung der Propionsäure besitzt. $C_2H_4O_2 + C_4H_8O_2 = 2C_3H_6O_2$. Es ergab sich, dafs dieselben nicht dem Mittel aus den Exponenten der Bestandtheile entsprechen, dafs sie aber nahe kommen denjenigen für die Propionsäure gefundenen.

	Spec. Gew. bei 20°	Brechungsindices bei 20°		
		α	β	γ
Angewandte Essigsäure	1,0518	1,37063	1,37737	1,38117
Angewandte Buttersäure	0,9610	1,39530	1,40232	1,40623
Mittel	1,0064	1,38296	1,38984	1,39370
Gefunden für das Gemenge	0,9930	1,38505	1,39179	1,39562
Propionsäure	0,9963	1,38460	1,39129	1,39513

5. Buttersäure $C_4H_8O_2$.

I. 2 Pfund nach dem Bensch'schen Verfahren dargestellter Buttersäure wurden destillirt und das über 150° Uebergehende nach längerer Behandlung mit geschmolzener Phosphorsäure der Rectification unterworfen. Fast die ganze Menge der Flüssigkeit destillirte zwischen 161° und 162°,5 bei 754^{mm},7 Bar.; sie wurde in 2 Portionen aufgefangen.

	Siedepunkt	Spec. Gew. bei 20°	Brechungsindices bei 20°		
			α	β	γ
1	161 —161,8	0,9611	1,39530	1,40232	1,40623
2	161,8—162,5	0,9606	1,39568	1,40269	1,40661

II. Bei der Rectification einer zweiten auf dieselbe Weise erhaltenen Quantität Buttersäure blieb das Thermometer lange Zeit bei 162° constant. Bar. 758^{mm},7. Diese Portion zeigte das spec. Gewicht 0,9610 bei 20°, und für die nämliche Temperatur die Indices:

α	β	γ
1,39554	1,40246	1,40649.

Die Elementaranalysen dieses Präparates gaben:

			Formel	
Kohlenstoff	54,34	54,44	54,55	Proc.
Wasserstoff	9,07	9,20	9,09	»
Sauerstoff	—	—	36,36	»

Die Indices desselben wurden für folgende Temperaturgrade bestimmt:

Tab. IX. Buttersäure.

Siedepunkt 162°. Spec. Gew. bei 20° = 0,9610.

$t°$	$\mu\alpha$	$\mu\beta$	$\mu\gamma$	A	B
18	1,39638	1,40330	1,40735	1,38772	0,36946
19	1,39596	1,40288	1,40693	1,38730	0,36946
20	1,39554	1,40246	1,40649	1,38690	0,36887
21	1,39512	1,40204	1,40605	1,38649	0,36820
22	1,39470	1,40162	1,40563	1,38607	0,36820
23	1,39430	1,40120	1,40521	1,38569	0,36752
24	1,39390	1,40078	1,40479	1,38530	0,36685
25	1,39348	1,40037	1,40437	1,38488	0,36685
26	1,39308	1,39995	1,40395	1,38450	0,36618
27	1,39268	1,39951	1,40350	1,38414	0,36449
28	1,39226	1,39911	1,40306	1,38374	0,36382
$\Delta 1°$	0,000412	0,000419	0,000429	0,000398	

Aus A und B bei 20° ergeben sich folgende Indices:

B	C	D	E	F	G	H
1,39470	1,39546	1,39754	1,40023	1,40263	1,40693	1,41081.

Setzt man zu Buttersäure Wasser, so findet nicht wie bei der Essigsäure und Propionsäure eine Zunahme der Brechungsexponenten statt, die bei einem bestimmten Hydrat am gröfsten ist, sondern dieselben fallen sogleich. Die Dichtigkeit der Mischungen zeigt dagegen innerhalb der nachstehend angegebenen Verdünnungsgrade eine Vermehrung mit dem Wassergehalt:

Tabelle X.

Auf 88 Th. Buttersäure = 1 Mol hinzugesetztes Wasser	Wassergehalt in Proc.	Verhältnifs der Molecüle $C_4H_8O_2$ u. H_2O	Spec. Gewicht bei 20°	Brechungsindices bei 20°			A	B
				α	β	γ		
Reine Buttersäure			0,9610	1,39554	1,40246	1,40649	1,38690	0,36887
9 Th. = $\frac{1}{2}$ Mol.	9,28	2 : 1	0,9847	1,39343	1,40035	1,40428	1,38487	0,36550
18 » = 1 »	16,98	1 : 1	0,9928	1,39081	1,39774	1,40166	1,38225	0,36550
27 » = 1$\frac{1}{2}$ »	23,48	2 : 3	0,9971	1,38767	1,39446	1,39839	1,37921	0,36112

6. Valeriansäure $C_5H_{10}O_2$.

I. Käufliche Valeriansäure, in der Marquart'schen Fabrik durch Destillation von Amylalkohol mit zweifach chromsaurem Kali und Schwefelsäure dargestellt, wurde in Natronlauge gelöst, die Flüssigkeit zur Entfernung kleiner Mengen von valeriansaurem Amyl und Valeraldehyd mit Aether geschüttelt, hierauf abgedampft, und das Salz nach dem Wiederauflösen in Wasser durch Schwefelsäure zersetzt. Die abgeschiedene Säure wurde mit Wasser gewaschen und über Phosphorsäure gestellt. Sie destillirte zwischen 174°,6 und 175°,6 bei 752^{mm},8 Bar. Spec. Gew. bei 20° = 0,9325.

Brechungsindices	α	β	γ
bei 20°	1,40149	1,40870	1,41279.

II. Ein aus 2 Pfd. käuflicher Säure auf dieselbe Weise dargestelltes Präparat zeigte bei der Destillation lange Zeit den ganz constanten Siedepunkt 174° bei 751mm,9 Bar. Spec. Gew. dieser Portion bei 20° = 0,9313.

Brechungsindices	α	β	γ
bei 20°	1,40220	1,40931	1,41349

Die Elementaranalysen gaben:

			Formel	
Kohlenstoff	58,73	58,66	58,82	Proc.
Wasserstoff	9,93	9,88	9,80	»
Sauerstoff	—	—	31,38	»

Die Indices wurden für diese Säure bei mehren Temperaturen bestimmt.

Tab. XI. Valeriansäure.

Siedepunkt 174°. Spec. Gew. bei 20° = 0,9313.

$t°$	$\mu\alpha$	$\mu\beta$	$\mu\gamma$	A	B
18	1,40295	1,41015	1,41433	1,39397	0,38336
19	1,40257	1,40973	1,41391	1,39362	0,38201
20	1,40220	1,40931	1,41349	1,39329	0,38032
21	1,40178	1,40889	1,41308	1,39286	0,38066
22	1,40136	1,40847	1,41266	1,39244	0,38066
23	1,40094	1,40805	1,41224	1,39202	0,38066
24	1,40052	1,40761	1,41182	1,39160	0,38066
25	1,40013	1,40716	1,41140	1,39123	0,37965
26	1,39973	1,40674	1,41098	1,39085	0,37898
27	1,39931	1,40633	1,41054	1,39045	0,37830
28	1,39889	1,40595	1,41010	1,39004	0,37763
$\Delta 1°$	0,000406	0,000420	0,000423	0,000393	

Die Indices für die Fraunhofer'schen Linien bei 20° sind:

B	C	D	E	F	G	H
1,40133	1,40212	1,40426	1,40704	1,40951	1,41395	1,41794.

Durch Zufügen von Wasser vermindern sich die Brechungsindices der Valeriansäure, sie verhält sich also wie die Buttersäure. Das spec. Gewicht nimmt zu.

Tabelle XII.

Auf 102 Th. Valeriansäure = 1 Mol. hinzugesetztes Wasser	Wassergehalt in Proc.	Verhältnifs der Molecüle $C_5H_{10}O_2$ u H_2O	Spec. Gewicht bei 20°	Brechungsindices bei 20° α	β	γ	A	B
Reine Valeriansäure			0,9313	1,40220	1,40931	1,41349	1,39329	0,38032
9 Th. = $\frac{1}{2}$ Mol.	8,11	2 : 1	0,9451	1,40122	1,40834	1,41240	1,39240	0,37662

7. Capronsäure $C_6H_{12}O_2$.

Cyanamyl, durch Destillation von Cyankalium mit amylätherschwefelsaurem Kali erhalten, wurde durch Kochen mit alkoholischer Kalilösung in capronsaures Kali umgewandelt, dasselbe unter Zusatz von Wasser eingedampft und nach dem Wiederauflösen durch Schwefelsäure zersetzt. Die abgeschiedene Säure siedete nach dem Entwässern durch glasige Phosphorsäure constant zwischen 198°,4 und 199°,4 bei 761^{mm} Bar. Spec. Gew. bei 20° = 0,9252. Die Analyse lieferte:

		Formel
Kohlenstoff	62,05	62,06 Proc.
Wasserstoff	10,50	10,34 »
Sauerstoff	—	27,60 »

Die Brechungsexponenten dieser Säure wurden zwischen 17° und 26° bestimmt.

Tab. XIII. Capronsäure.

Siedepunkt 199°. Spec. Gew. bei 20° = 0,9252.

$t°$	$\mu\alpha$	$\mu\beta$	$\mu\gamma$	A	B
17	1,41285	1,42021	1,42444	1,40370	0,39043
18	1,41248	1,41984	1,42407	1,40333	0,39043
19	1,41206	1,41942	1,42365	1,40291	0,39043
20	1,41164	1,41900	1,42323	1,40249	0,39043
21	1,41122	1,41858	1,42281	1,40207	0,39043
22	1,41082	1,41821	1,42239	1,40169	0,38976
23	1,41045	1,41779	1,42197	1,40136	0,38807
24	1,41008	1,41737	1,42156	1,40102	0,38672
25	1,40970	1,41695	1,42114	1,40067	0,38538
26	1,40930	1,41653	1,42072	1,40028	0,38470
$\Delta 1°$	0,000396	0,000409	0,000413	0,000380	

Indices für die Fraunhofer'schen Linien bei 20°:

B	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*H*
1,41074	1,41155	1,41375	1,41660	1,41914	1,42369	1,42779.

Mischungen dieser Säure mit Wasser nach stöchiometrischen Verhältnissen lassen sich nicht darstellen.

8. Oenanthylsäure $C_7H_{14}O_2$.

Die Säure stellte ich nach dem von Tilley [1]) angegebenen Verfahren durch Oxydation von Ricinusöl mit Salpetersäure dar. 2 Pfund des Oels lieferten bei 6tägiger Destillation 80 CC. Product. Die Säure wurde noch zweimal mit Wasser destillirt und hierauf durch längeres Stehen über glasiger Phosphorsäure entwässert. Die vollkommen farblose Flüssigkeit zeigte bei 18° das spec. Gewicht 0,9134, und gab bei 20° die Indices

α	β	γ
1,41873	1,42620	1,43054.

Als die Säure einer Destillation unterworfen wurde, begann sie bei 208° zu sieden, das Thermometer stieg rasch auf 218°,5 und hierauf sehr langsam bis 220°. Ueber diesem letztern Temperaturpunkt fand Zersetzung der Flüssigkeit statt. Bar. 756mm,5.

1) Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. 39, S. 160.

Für die zwischen 218°,5 und 220° übergegangene Portion, welche die Hälfte der angewandten Flüssigkeitsmenge betrug, wurde das spec. Gew. 0,9179 bei 18° und 0,9175 [1]) bei 20° gefunden, und für die Indices bei 20° die Werthe:

α	β	γ
1,41923	1,42663	1,43106.

Die Elementaranalysen gaben:

Kohlenstoff	64,34	64,45	64,61 Proc.
Wasserstoff	10,92	11,00	10,77 »
Sauerstoff	—	—	24,62 »

Die Messungen bei verschiedenen Temperaturen lieferten folgende Zahlen:

Tab. XIV. Oenanthylsäure.

Siedepunkt 219°. Spec. Gew. bei 20° = 0,9175.

$t°$	$\mu\alpha$	$\mu\beta$	$\mu\gamma$	A	B
17	1,42034	1,42788	1,43222	1,41096	0,40020
18	1,41997	1,42746	1,43185	1,41059	0,40020
19	1,41960	1,42705	1,43145	1,41025	0,39919
20	1,41923	1,42663	1,43106	1,40989	0,39851
21	1,41881	1,42624	1,43065	1,40946	0,39885
22	1,41839	1,42585	1,43023	1,40904	0,39885
23	1,41803	1,42543	1,42977	1,40876	0,39548
24	1,41766	1,42502	1,42936	1,40842	0,39413
25	1,41729	1,42460	1,42894	1,40809	0,39245
26	1,41682	1,42418	1,42853	1,40758	0,39447
$\Delta 1°$	0,000391	0,000411	0,000410	0,000375	

1) Städeler (Erdm. Journ. Bd. 72, S. 243) hatte für die Oenanthylsäure das spec. Gew. 0,9167 bei 24° und den Siedepunkt 218° bei 725^{mm},9 Bar. gefunden.

Für die Indices bezogen auf die Fraunhofer'schen Linien ergeben sich bei 20° die Werthe:

B	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*H*
1,41801	1,41884	1,42109	1,42399	1,42658	1,43123	1,43542.

Die Säure ist mit Wasser nicht mischbar.

Ich stelle schliefslich in Tab. XV alle für die obigen Säuren erhaltenen Beobachtungsresultate zusammen:

Tabelle XV.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
	Molecular-formel	Molec Gewicht	Siede-punkt [1])	Spec. Gew. bei 20°	Brechungsindices bei 20°					
					$\mu\alpha$	Diff.	$\mu\beta$	Diff.	$\mu\gamma$	Diff.
Ameisensäure	CH_2O_2	46	100°	1,2211	1,36927	+ 0,00058	1,37643	0,00005	1,38041	− 0,00024
Essigsäure	$C_2H_4O_2$	60	118	1,0514	1,36985	. 1475	1,37648	. 1481	1,38017	. 1496
Propionsäure	$C_3H_6O_2$	74	140	0,9963	1,38460	. 1094	1,39129	. 1117	1,39513	. 1136
Buttersäure	$C_4H_8O_2$	88	162	0,9610	1,39554	.. 666	1,40246	.. 685	1,40649	.. 700
Valeriansäure	$C_5H_{10}O_2$	102	174	0,9313	1,40220	.. 944	1,40931	.. 969	1,41349	.. 974
Capronsäure	$C_6H_{12}O_2$	116	199	0,9252	1,41164	.. 759	1,41900	.. 763	1,42323	.. 783
Oenanthylsäure	$C_7H_{14}O_2$	130	219	0,9175	1,41923		1,42663		1,43106	

1) Die Barometerschwankungen liegen zwischen 752 und 760^{mm}.

	XI.	XII.	XIII.	XIV.	XV.	XVI.
	A bei 20°	Diff.	Abnahme der Const. A für 1° Temp.-Erhöh.	B bei 20°	Diff.	$\mu\gamma - \mu\alpha$
Ameisensäure	1,36048		0,000368	0,37527		0,01114
		0,00122			$\overline{0},02762$	
Essigsäure	1,36170		... 409	0,34765		0,01032
		.1459			..707	
Propionsäure	1,37629		... 397	0,35472		0,01053
		.1061			.1415	
Buttersäure	1,38690		... 398	0,36887		0,01095
		..639			.1145	
Valeriansäure	1,39329		... 393	0,38032		0,01129
		..920			.1011	
Capronsäure	1,40249		... 380	0,39043		0,01159
		..740			..808	
Oenanthylsäure	1,40989		... 375	0,39851		0,01183

Tabelle XV.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
	Molecular-formel	Molec Gewicht	Siede-punkt[1])	Spec. Gew. bei 20°	Brechungsindices bei 20° $\mu\alpha$	Diff.	$\mu\beta$	Diff.	$\mu\gamma$	Diff.
Ameisensäure	CH_2O_2	46	100°	1,2211	1,36927	+ 0,00058	1,37643	0,00005	1,38041	− 0,00024
Essigsäure	$C_2H_4O_2$	60	118	1,0514	1,36985	.1475	1,37648	.1481	1,38017	.1496
Propionsäure	$C_3H_6O_2$	74	140	0,9963	1,38460	.1094	1,39129	.1117	1,39513	.1136
Buttersäure	$C_4H_8O_2$	88	162	0,9610	1,39554	..666	1,40246	..685	1,40649	..700
Valeriansäure	$C_5H_{10}O_2$	102	174	0,9313	1,40220	..944	1,40931	..969	1,41349	..974
Capronsäure	$C_6H_{12}O_2$	116	199	0,9252	1,41164	..759	1,41900	..763	1,42323	..783
Oenanthylsäure	$C_7H_{14}O_2$	130	219	0,9175	1,41923		1,42663		1,43106	

1) Die Barometerschwankungen liegen zwischen 752 und 760mm.

	XI.	XII.	XIII.	XIV.	XV.	XVI.
	A bei 20°	Diff.	Abnahme der Const. A für 1° Temp.-Erhöh.	B bei 20°	Diff.	$\mu\gamma - \mu\alpha$
Ameisensäure	1,36048		0,000368	0,37527		0,01114
		0,00122			$\overline{0,02762}$	
Essigsäure	1,36170		... 409	0,34765		0,01032
		.1459			..707	
Propionsäure	1,37629		... 397	0,35472		0,01053
		.1061			.1415	
Buttersäure	1,38690		... 398	0,36887		0,01095
		..639			.1145	
Valeriansäure	1,39329		... 393	0,38032		0,01129
		..920			.1011	
Capronsäure	1,40249		... 380	0,39043		0,01159
		..740			..808	
Oenanthylsäure	1,40989		... 375	0,39851		0,01183

Aus Tabelle XV läfst sich Folgendes ersehen:

1) Die Brechungsindices der homologen Säuren nehmen mit steigender Anzahl von Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen zu. Diese Zunahme ist von der Propionsäure aus von Glied zu Glied schon wenig regelmäfsig, sehr ungleichförmig bei den beiden ersten Säuren. Ameisensäure und Essigsäure besitzen beinahe dieselben Brechungsexponenten; für den rothen Strahl zeigt die Essigsäure den etwas gröfsern Index, für den violetten dagegen die Ameisensäure. Diese Verhältnisse treten am deutlichsten an den auf Tafel IV Figur 2 gezeichneten Curven hervor, welche die Brechungsindices als Functionen der Wellenlänge darstellen. Man sieht erstens, dafs die Indices aller Säuren in beinahe demselben Grade mit abnehmender Wellenlänge wachsen[1]), dafs dieselben ferner für die verschiedenen Glieder nicht gleich weit auseinander liegen, und dafs endlich die Curve der Ameisensäure diejenige der Essigsäure durchkreuzt, indem der Index der ersteren mit fallender Wellenlänge in stärkerm Maafse sich vergröfsert, als der der Essigsäure.

2) Der Refractionscoëfficient A (Col. XI) nimmt wie die Indices unregelmäfsig von Glied zu Glied zu. In Betreff des Einflusses der Temperatur auf denselben zeigt sich bei den verschiedenen Säuren, dafs die Abnahme, welche er für eine Erwärmung der Flüssigkeit um 1° zeigt, von der Essigsäure an immer kleiner wird (Col. XIII). Die Unterschiede sind jedoch sehr gering. Nur das erste Glied, die Ameisensäure, macht hier wieder eine Ausnahme, indem bei derselben die Brechung des Lichts durch die Temperatur weniger verändert wird, als bei allen andern Säuren.

3) Der Dispersionscoëfficient B vermehrt sich, wenn man die Ameisensäure aus der Reihe ausschliefst, ebenfalls mit steigendem Kohlenstoff- und Wasserstoffgehalt der

1) Die Curven sind nicht vollkommen parallel, sondern treten nach der Seite der kleinern Wellenlänge immer weiter von einander ab. Der Unterschied ist jedoch sehr gering und daher bei der Kleinheit der Zeichnung nicht bemerkbar.

Säure. Bei der Ameisensäure ist derselbe dagegen sogar beträchtlicher als bei der Buttersäure. Ebenso nimmt die Ausdehnung des Spectrums zwischen den Linien α und γ, gemessen durch die Differenz $\mu_\gamma - \mu_\alpha$ mit dem Steigen der Glieder zu (Col. XVI). Blofs die Ameisensäure pafst nicht in die Reihe, ihr Spectrum steht zwischen denjenigen der Buttersäure und der Valeriansäure.

Dafs die Ameisensäure in Bezug auf alle obigen Verhältnisse eine besondere Ausnahme macht, ist nicht auffallend, da dieselbe auch in Bezug auf mehrere andere chemische und physikalische Eigenschaften erheblich von den übrigen Säuren abweicht. So ist ihr spec. Gewicht bedeutend gröfser als das der andern Glieder, und es nimmt dasselbe bei Wasserzusatz gleichförmig ab, während Essigsäure und Propionsäure durch Beimischung von Wasser eine Vermehrung der Dichte erfahren. Ebenso zeigt auch die Ameisensäure, wie Graham bei seiner Arbeit über die Beziehungen der Transpiration tropfbarer Flüssigkeiten und der chemischen Zusammensetzung [1]) gefunden hat, in Bezug auf ihre Transpirationszeit ein von den übrigen Säuren derselben Reihe abweichendes Verhalten, und Graham bemerkt, dafs nach den physikalischen Eigenschaften der flüssigen Ameisensäure diese Säure mehr an die Chlorwasserstoffsäure als an die Essigsäure erinnere.

Ich beschränke mich in dieser Abhandlung auf die Mittheilung des Beobachtungsmaterials und der durch die blofse Vergleichung der Zahlen sich ergebenden Resultate. Den Einfluſs, welchen die Dichte und die chemische Zusammensetzung auf die Fortpflanzung des Lichts bei den abgehandelten Säuren ausüben, beabsichtige ich in einer besondern Notiz in Betracht zu ziehen.

Eine nächste Mittheilung wird die Brechungsexponenten der Glieder der Alkoholreihe $C_nH_{2n+2}O$ betreffen.

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 123 S. 90.

II. *Ueber den Einfluſs des Drucks auf die Löslichkeit einiger Salze;* [1]) *von Karl Möller.*

I. Einleitung.

In einer *doppelten* Absicht unternahm ich die vorliegende Arbeit. Einestheils hoffte ich eine Lücke in unserem *chemisch-physikalischen Wissen* auszufüllen, anderentheils wollte ich einen Beitrag zur experimentellen Begründung der *chemischen Geologie* liefern.

Durch eine lange Kette von Hypothesen war ich zu der Ansicht gekommen, daſs der Druck einen Einfluſs auf die Löslichkeit der Salze übe. Ich hoffte nicht allein, daſs meine Arbeit zu der groſsen Zahl vereinzelter Thatsachen eine neue hinzufügen würde, sondern ich hoffte auch, daſs sie zur Ausfüllung der groſsen Kluft zwischen Mechanik und Chemie beitragen könnte. Wenn es gelingt, die mechanische Kraft in eine chemische umzusetzen, dann darf man hoffen, es werde auch gelingen, beide mit einander zu vergleichen, und die eine durch die andere zu messen.

Gleichzeitig wollte ich einen Baustein zum *Fundamente der chemischen Geologie* liefern. Ich will nur dann daran erinnern, daſs — *Meeresablagerungen* in einer Tiefe von 30000 Fuſs bei einer Pressung von etwa 1000 Atmosphären erfolgen, ferner daran, daſs ohne Zweifel viele *Gänge* unter dem Einfluſs eines hohen Drucks gebildet sind, endlich daran, daſs auch manche *Mineralquellen* aus sehr groſsen Tiefen stammen — ich will an alle die Thatsachen nur erinnern, um die Ansicht zu rechtfertigen, *daſs es noch sehr vieler Versuche über den Einfluſs des Drucks auf die Löslichkeit bedarf*, wenn die chemische Geologie jene solide Grundlage erhalten soll, welche die vollendete Wissenschaft auszeichnet.

1) Als Doctordissertation unter dem Titel: *Quantam vim ad solvendos quosdam sales pressio habeat*, disquiritur. Berolini 1862.

Wenn man (wie Daubrée [1]) bei seinen interessanten Versuchen) den Druck durch die Spannung des gleichzeitig erzeugten Wasserdampfs hervorbringt, so kann man die Wirkung von *Druck* und *Wärme nicht gehörig trennen:* und doch wäre diese Trennung offenbar von dem gröfsten Interesse, wenn der Druck in der That einen wesentlichen Einfluſs auf die Löslichkeit ausübte; denn bei der Bildung der Mineralien haben Druck und Wärme gewifs selten gerade in dem Verhältnifs zu einander gestanden, wie es stets in den Apparaten Daubrée's stattfinden mufs.

II. Literatur.

Es existiren meines Wissens über die Löslichkeit unter *hohem* Druck *so wenige Versuche, daſs von einer Literatur kaum die Rede seyn kann.*

In dem Lehrbuch der physikalischen und theoretischen Chemie von Buff, Kopp und Zamminer S. 106 (Braunschweig 1857) finde ich folgende kurze Bemerkung:

»Einzelne Angaben, wonach auch starke Veränderungen im Druck auf die Löslichkeit von Einfluſs seyn sollten, sind zu vereinzelt und nicht hinlänglich constatirt, um daraus Schlüsse ziehen zu können.«

Ich habe jene »einzelnen Angaben« in den wissenschaftlichen Zeitschriften nicht aufgefunden.

In der allerneusten Zeit machte Favre [2]) bekannt, er habe gefunden, *daſs der Druck nur insofern von Einfluſs auf die Löslichkeit der Salze sey, als er die Temperatur des Lösungs-Wassers erhöhe.* Er verspricht, später eine Beschreibung seiner Versuche zu geben. Er will dadurch gleichzeitig auch eine frühere Angabe rechtfertigen. Er berichtete nämlich *Compt. rend. LI, p.* 287, 1860, daſs sich bei 15° C. unter einem Drucke von 30 Atmosphären in einer concentrirten Lösung von $NaO\,SO^3$ noch eine erhebliche Menge von demselben Salz gelöst habe.

1) *Ann. des mines Ser. V, T.* 12, *p.* 289.

2) *Notice sur les travaux scientifiques de M. P—A.* Favre. *Paris 1862.*

Ueber die *Löslichkeit der Salze bei gewöhnlichem Druck* sind zahlreiche Versuchsresultate veröffentlicht worden: ich will nur einige hervorheben.

Die gröfste zusammenhängende Arbeit ist wohl die von Poggiale [1]).

Gerlach [2]) hat den Salzgehalt bei 15° C. für mehrere Salze aus den specifischen Gewichten der gesättigten Lösungen berechnet.

Kremers [3]) hat eine Anzahl von Löslichkeitsbestimmungen gemacht, um deren Resultate zur Vergleichung mit anderen Eigenschaften der betreffenden Salze zu benutzen. Sie brauchten zu diesem Zweck auf keinen hohen Grad von Genauigkeit Anspruch zu machen.

In den »Tabellen für Chemiker« von Hofmann finden sich aufser den Angaben der hier erwähnten Autoren noch eine Anzahl anderer Löslichkeitsbestimmungen von ungenannten Urhebern.

Die Resultate der verschiedenen Autoren weichen so weit von einander ab, dafs ich schon deshalb gezwungen war, auch bei gewöhnlichem Druck *selbst* Löslichkeitsbestimmungen zu machen. Ich mufste mich dieser Mühe auch häufig deshalb unterziehen; weil die Angaben für die Temperatur fehlten, bei welchem ich meine Löslichkeitsbestimmung unter höherem Druck anstellen wollte.

III. Allgemeines über die Versuche.

A. Löslichkeitsbestimmungen bei einer Atmosphäre.

Für die Löslichkeitsbestimmungen bei gewöhnlichem Druck benutzte ich ein Glas mit eingeriebenem Glasstöpsel.

Ich glaube, dafs man *nie* genaue Resultate erzielen kann, wenn die Lösung sich nicht in einem *geschlossenen Gefäfs*

1) *Ann. de Chim. et Phys. Ser. III. Tome VIII.*

2) Specifische Gewichte der Salzlösungen von Dr. Gerlach, Freiberg 1859.

3) Pogg. Ann. Bd. 97 S. 1. Bd. 99 S. 25. Bd. 103 S. 57. Bd. 104 S. 133.

befindet. So lange die Spannung des gesättigten Wasserdampfs aus einer Salzsolution gröfser ist wie die Spannkraft des Wasserdampfs der umgebenden Luft, so lange mufs stets Lösungswasser verdunsten. Es ist nun aber stets eine längere Zeit erforderlich, bis das Salz sich ausscheidet, welches in verdampftem Wasser gelöst war. *Wenn also eine Lösung in einem offenen Gefäfs bei* 15° *C. an der Luft steht, so wird sie sich in der Regel in einem dauernden Zustand der Uebersättigung befinden.* Dieser Fehler wird um so gröfser werden, je höher die Temperatur, welche die Lösung besitzt, und je trockener die Luft, die sie umgiebt. Ich habe mich von der Richtigkeit dieser Voraussetzung überzeugt, indem ich ein offenes Gefäfs mit gesättigter Kochsalzlösung unter die Glocke eines *Exsiccators* stellte. Gleichzeitig brachte ich ein anderes Gefäfs mit derselben Lösung in ein grofses *Becherglas*, dessen Boden mit *destillirtem Wasser* bedeckt war. Dieses Becherglas wurde zugedeckt, so dafs ich annehmen durfte, dafs dasselbe mit *gesättigtem Dampf von destillirtem Wasser* gefüllt war. Ich mufs noch bemerken, dafs sich in beiden Fällen etwas festes Salz auf dem Boden des offenen Tiegels befand, welcher die Lösung enthielt. Es liefs sich voraussehen, dafs die Lösung in gesättigtem Dampf *Wasser anziehen* würde. Wenn sich nun das Salz nicht so rasch lösen konnte, wie der Wasserdampf obsorbirt wurde, so mufste sich die Lösung stets *unter dem wahren Sättigungspunkte* befinden. Der Versuch *bestätigte* diese Voraussetzung ebenfalls.

Ich fand die Löslichkeit des NaCl bei 15° C. unter dem *Exsiccator zu* 26,42 *Proc.*, in dem mit *gesättigtem Wasserdampf* gefüllten Becherglase zu 26,20 *Proc.*, während sie im *geschlossenen Stöpselglase* 26,30 *Proc.* beträgt.

In allen drei Fällen sind die Procentangaben auf 100 Gewichtstheile der Lösung bezogen. Dasselbe gilt beiläufig auch für die späteren Angaben.

Anscheinend hat man diese Vorsicht, die Lösung in einem geschlossenen Gefäfs vorzunehmen, häufig versäumt, *wenigstens wird sie weder* von Poggiale noch von Ger-

lach erwähnt. Auch Kremers bemerkt meines Wissens nichts darüber.

Der *Ueberschufs des festen Salzes* betrug bei allen meinen Löslichkeitsbestimmungen nur etwa $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{10}$ der überstehenden Flüssigkeitsmenge. Wenn das *umgekehrte Verhältnifs* zwischen festem Salz und Lösung stattgefunden hätte, so würde ich *unrichtige Resultate* erhalten haben. Ich habe nämlich beim $NaO.SO^3 + 10\,aq$ und beim NaCl die interessante Thatsache gefunden, *dafs die Lösung in der unmittelbaren Umgebung der Krystalle mehr Salz enthält, wie die überstehende Solution in der Nähe ihrer Oberfläche.* Durch das Schütteln wird nun ohne Zweifel jene übersättigte Lösung, welche die Krystalle umgiebt, losgerissen und in der übrigen Flüssigkeit vertheilt. Es ist klar, dafs man deshalb die Löslichkeit etwas *zu hoch* findet, wenn sich sehr viel Krystalle in einer Solution befinden. Wenn dagegen der Ueberschufs des Salzes klein ist, wird die Richtigkeit des Resultats kaum beeinträchtigt werden.

Es ist ferner klar, dafs dieser Fehler *unmittelbar nach dem Umschütteln am gröfsten ist.* Ich habe deshalb nach dem letzten Umschütteln wenigstens eine Stunde gewartet, bis ich die Probe nahm.

Aus den folgenden Angaben wird die *Massenwirkung der Krystalle* erhellen.

Beim $NaO\,SO^3$ ist für 15° C. die *normale Löslichkeit* 11,32 Proc. War dagegen das Stöpselglas zu $\frac{9}{10}$ mit Krystallen gefüllt, so zeigte die Flüssigkeitsschicht über dem festen Salz eine Löslichkeit von 11,42 Proc. Zwei Proben im Zwischenraum von 12 Stunden aus der Mitte des Krystallhaufens ergaben 11,58 Proc. und 11,60 Proc. Da die Krystalle ziemlich grofs waren, so konnte ich die Proben mit der Pipette nehmen. Die *wahre Löslichkeit* des NaCl bei 15° C. beträgt 26,30 Proc. Die Massenwirkung des festen Salzes steigert die Löslichkeit in einem mit Wasser durchzogenen Krystallbrei auf 26,41 Proc. Die Lösung wurde durch Filtriren von den Krystallen getrennt. Es

wurde die gröfste Sorgfalt angewandt, um bei dieser Gelegenheit jede Verdunstung zu vermeiden. Die Temperatur der umgebenden Luft betrug 15°,2 C., während ich die Lösung filtrirte.

Das Stöpselglas, in welchem sich die Lösung befand, hing bei allen Versuchen bis zu 20° C. in einem *mit Wasser gefüllten Holzkübel*, bei höheren Temperaturen befand sich dasselbe in einem Zinkeimer, der durch eine Spirituslampe erwärmt wurde. Ich nahm an, *dafs die Temperatur im Glase dieselbe war, wie die des umgebenden Wassers.* Die Temperatur des Letzteren wurde mit einem Thermometer bestimmt, welches direct in $\frac{1}{5}$ Centesimalgrade getheilt war. Der Nullpunkt war beim Beginn der Versuche genau bestimmt, und ich überzeugte mich wiederholt, dafs er unverändert geblieben war. Die Temperaturangaben beziehen sich auf den mittleren Thermometerstand während der Versuchsdauer. Das Zeitraubende bei meinen Löslichkeitsbestimmungen bestand nun hauptsächlich darin, *dafs ich die Temperatur während etwa* 18 *Stunden constant erhalten mufste*, um eine Löslichkeitsbestimmung zu machen. Die Gränze, innerhalb deren man die Temperaturabweichungen vernachlässigen kann, ist für die verschiedenen Salze und die verschiedenen Temperaturen leicht zu berechnen, wenn man die Löslichkeitscurven kennt, und wenn man eine bestimmte Genauigkeit erreichen will. Wenn die Abweichungen des Temperaturdurchschnitts z. B. beim Na Cl weniger wie 0°,5 C. betrugen, so konnte ich sie unberücksichtigt lassen, beim $NaOSO_3$ mufste dagegen diese Abweichung weniger wie 0°,1 C. betragen, wenn eine gleiche Genauigkeit erzielt werden sollte. Das Maximum der Temperaturschwankungen, zwischen denen meine Angaben das Mittel bilden, betrug das Doppelte: also z. B. beim Na Cl 1° C., während sie beim $NaOSO^3$ höchstens 0°,2 C. betrug. Wegen der Langsamkeit, mit der die Löslichkeitsänderungen geringen Temperaturwechseln folgen, konnten die Temperaturschwankungen das Resultat nicht wesentlich verändern. *Kamen gröfsere Abweichungen vor, so sah ich den Versuch als unterbrochen an.*

Ich nahm alle Proben mit einer kalibrirten Pipette; ich hatte bei diesem Verfahren die Gewifsheit, nur eine *völlig klare* Lösung zu untersuchen. Ich brauche wohl hier die Gründe nicht zu erörtern, weshalb ein Filtriren meist mit Fehlern verknüpft seyn dürfte, wenn man die Krystalle aufs Filter bringt.

Ich liefs die Lösung aus der Pipette in einen Platintiegel auslaufen und legte dann den gut schliefsenden Deckel rasch auf, um die Verdunstung möglichst zu verhüten. *Bei aufgelegtem Deckel war die Verdunstung so langsam, dafs sie in 20 Minuten kaum 1 Mgr. betrug.*

Ich führte die Wägungen mit einer *kleinen sehr empfindlichen* Wage aus, wie man sie zu den quantitativen Löthrohranalysen gebraucht. Ich *verminderte* die Empfindlichkeit so weit, *dafs die Wage bei einer Belastung von 30 Grm. noch 0,1 Mgr. anzeigte.*

Die von mir in Bezug auf ihre Löslichkeit untersuchten Salze waren sämmtlich *beständig und schwer flüchtig*; ich konnte deshalb ihre Lösungen im Wasserbad eindampfen, um den geglühten Rückstand direct zu wägen, nachdem derselbe unter einem Exsiccator erkaltet war. Das Wasserbad hat einen Glasring, um jede Verunreinigung des Tiegels zu verhüten. Nachdem ich das Gewicht des Rückstandes *einmal* bestimmt hatte, glühte und wog ich zum *zweiten* Mal, um mich zu überzeugen, dafs alles Wasser bei der ersten Wägung fortgewesen war. Ich will noch bemerken, dafs ich beim Kochsalz nach längerem Erhitzen auf 300° C. für eine sehr kurze Zeit eine ganz dunkle Rothgluht anwandte, um das Salz völlig zu trocknen. Da dieses Salz schon beim Eindampfen Verlust erleidet — man kann sich davon durch Geruch und Geschmak überzeugen —, so befürchtete ich, *dafs die Gesammtverflüchtigung* so grofs seyn könnte, um die Umwandlung in $NaOSO^3$ nöthig zu machen. Ich überzeugte mich aber durch directe Versuche, dafs man bei der nöthigen Vorsicht die entstehenden Verluste unberücksichtigt lassen kann.

Um den Sättigungspunkt einer Lösung zu bestimmen, giebt es zwei Wege.

1) *Man stellt gleichzeitig zwei Lösungen bei derselben Temperatur her. In dem einen Glase löst man Salz, während sich in dem anderen eine übersättigte Lösung befindet, aus der sich das Salz ausscheidet*, man nimmt gleichzeitige Proben, *bis die Resultate aus beiden Gläsern übereinstimmen.* Ich habe diesen Weg nur angewandt, um mich beim NaCl für 0° C. und für 15° C. zu überzeugen, dafs in der That eine solche Uebereinstimmung *innerhalb der Fehlergränzen* zu erzielen ist.

2) *Man stellt die gesättigte Lösung entweder nur durch Lösen oder nur durch Ausscheidung dar.* Man wartet nach der ersten Probe mehrere Stunden und erhält auch während dieser Zeit die betreffende Temperatur, für die man die Löslichkeit bestimmen will. *Wenn alsdann die zweite Probe mit der ersten übereinstimmt*, oder wenn die Differenz zwischen beiden *innerhalb der Fehlergränzen liegt, so kann man annehmen, dafs das Mittel aus beiden Beobachtungen die wahre Löslichkeit ergiebt.* — Betrug die Abweichung zwischen den Resultaten von zwei aufeinanderfolgenden Versuchen mehr wie

0,05 Proc. (die Lösungsmenge = 100)

so hielt ich das erste Resultat für werthlos und wartete von Neuem mehrere Stunden, bis ich eine neue Probe nahm. Ich setzte dieſs so lange fort, bis zwei aufeinanderfolgende Resultate die gewünschte Uebereinstimmung zeigten. Ich durfte selbstverständlich nur *aus den beiden zuletzt erhaltenen Zahlenwerthen das Mittel* ziehen. Ich habe dieſs Verfahren bei allen Löslichkeitsbestimmungen gewählt, weil es das bequemere war. Diese Resultate müssen denselben Werth haben, wie die durch die erste Methode erhaltenen, wenn es bloſs *einen* Sättigungspunkt giebt, wenn man also stets *dasselbe* Resultat erhält, mag die gesättigte Lösung durch *Ausscheiden*, oder mag sie durch *Lösen* gebildet seyn.

Gay-Lussac hat bekanntlich diesen Satz als einen allgemein gültigen hingestellt, und da meines Wissens diese Behauptung jenes berühmten Chemikers noch nie angefochten *ist, so glaubte ich* voraussetzen zu dürfen, dafs sie rich-

Ehe ich jedoch mich für die zweite Methode entschied, überzeugte ich mich, wie erwähnt, wenigstens in zwei Fällen, dafs ich jene Voraussetzung innerhalb der Fehlergränzen machen durfte.

Poggiale und Gerlach erwähnen nicht, dafs sie sich des einen oder des anderen von diesen Verfahren bedient haben, ich weifs deshalb nicht, wie sie sich die Gewifsheit verschafft haben, *dafs der Sättigungspunkt wirklich eingetreten war, als sie die Löslichkeit bestimmten.* Gerlach nennt eine concentrirte Lösung von 15° C. eine solche, »aus der sich bei dieser Temperatur schon Krystalle ausgeschieden haben« (durch freiwillige Verdunstung?). Man kann diese Definition offenbar nicht für genügend halten, wie das aus dem oben Gesagten hervorgehen wird. Poggiale sagt blofs, dafs er die Lösungen etwa 3 Stunden bei derselben Temperatur erhalten habe, weil man leicht Fehler begeht, wenn man die Operation zu früh beendigt. Er sagt zwar, dafs die von ihm gegebenen Zahlenangaben das *Mittel* aus wenigstens drei Versuchsresultaten seyen; er sagt aber nicht, dafs diese drei Versuche *eine zusammenhängende Reihe* gebildet hätten, er giebt auch *die Resultate nicht selbst*, sondern eben nur das Mittel. Es ist deshalb schwer zu beurtheilen, auf welchen Grad von Genauigkeit seine Angaben Anspruch machen dürfen.

Ich will noch bemerken, dafs, so weit meine Erfahrung reicht, der Sättigungspunkt *nach 3 Stunden*, selbst bei gepulvertem Salz und häufigem Umschütteln, *niemals* eingetreten ist. Doch hängt die Zeit, welche für das Lösen oder Ausscheiden erforderlich ist, von so vielen Umständen ab, dafs sich schwer allgemeine Angaben darüber machen lassen. Ich verweise übrigens auf die Zeitangaben, welche sich in den Tabellen finden:

Kremers drückt den Salzgehalt in Atomen aus, da er jedoch nur dreistellige Zahlen anführt, so können sie schon aus diesem Grunde nicht auf eine so grofse Genauigkeit berechnet seyn, wie die meinigen.

Die Uebereinstimmung der von mir erhaltenen Resultate

unter einander läfst mich hoffen, dafs sich meine Zahlenangaben sehr der Wahrheit nähern. Ich habe mich durch die *gewöhnlichen Reagentien* überzeugt, dafs die Salze, welche zu meinen Löslichkeitsbestimmungen dienten, auf einen ziemlich hohen Grad von *Reinheit* Anspruch machen dürfen; — ich werde übrigens unten die Einzelheiten darüber bringen.

Spectralanalytisch rein waren dieselben freilich jedenfalls *nicht*, und ich darf meinen Resultaten deshalb keinen absoluten Werth beimessen; dieſs war auch für meinen *nächsten Zweck* nicht nöthig.

B. Löslichkeitsbestimmungen bei hohem Druck.

Auf der Taf. V ist der Apparat dargestellt, den ich für meine Versuche benutzte. Fig. 1 dieser Tafel giebt ein *Bild* des *zusammengefügten* Apparats, wie er für den Versuch vorbereitet ist. Die Fig. 2, 3, 4 enthalten die *einzelnen Theile* des Apparats im Durchschnitt gezeichnet. Der Apparat besteht im Wesentlichen aus zwei Theilen, die ich kurz als *Zersetzungsrohr* (Fig. 3 und Fig. 4) und als *Lösungsrohr* (Fig. 2) bezeichnen will.

Der Druck wird durch das Knallgas bewirkt, welches in dem Zersetzungsrohr durch einen galvanischen Strom erzeugt wird. Das Lösungsrohr, welches die zu prüfende Solution enthält, ist ein U-förmig gebogenes Glasrohr, auf dessen Enden Messingfassungen aufgekittet sind, die oben in einen durchbohrten Kegel (*a*) auslaufen. Auf diesen Kegel pafst jederseits ein Hohlkegel (*b*), der sich an dem Hahn resp. an dem Zersetzungsrohr befindet. Durch eine Ueberfallschraube ist es möglich, jene beiden Kegel so stark auf einander zu pressen, dafs eine sehr dünne Schicht von sog. Pumpenschmiere (aus Knochenöl und Wachs) den Verschlufs vollständig macht.

Das Lösungsrohr (von etwa 20 Ccm. Inhalt) ist aus zwei weiteren Glasröhren und einer engeren zusammengesetzt. *Das engere Rohr sollte das Springen an* der Biegungsstelle

verhüten. Doch dieſs genügte hierzu noch nicht: ich muſste auch die Röhre an der Biegungsstelle mit *Siegellack* umkleiden (welches im Durchschnitt fortgelassen ist, während es in Fig. 1 durch dunklere Schraffur hervortritt).

Die Glastheilchen befinden sich offenbar an der Biegungsstelle in einem solchen Zustand der Spannung, daſs die kleinste Ritzung hinreicht, um ein Springen zu bewirken: das Siegellack sollte die unmittelbare Berührung mit harten Körpern hindern.

Der *Hahn und die Fassung* sind von Messing. Auf den Hahn ist ein gläsernes *Spritzrohr* aufgeschraubt, welches in eine feine Spitze ausläuft. Die Fig. 3 Taf. V stellt die *ursprüngliche Form des Zersetzungsrohrs* dar. Diese Einrichtung habe ich auch *für niederen Druck* bis zu 30 Atmosphären *beibehalten.* Für *höheren Druck* sah ich mich genöthigt, dem Apparat die in Fig. 4 dargestellte Einrichtung zu geben.

Betrachten wir zunächst den Apparat Fig. 3 Taf. V. Derselbe besteht aus *zwei sehr starken Thermometerröhren,* die in der Mitte durch ein *weiteres Rohr* verbunden sind. Unten am weiten Rohr sind *zwei Platindrähte* eingeschmolzen, welche mit den Poldrähten einer *galvanischen Batterie von 4 Zink-Platinelementen verbunden werden können.* Es sind zu diesem Zweck *Kupferdrähte* an die dünnen Platindrähte gelöthet. Damit die letzteren nicht abreifsen, sind die Kupferdrähte um das Lösungsrohr geschlungen und mit Siegellack befestigt. Dieſs tritt in der Fig. 1 Taf. V hervor, während es in Fig. 3 fortgelassen ist. Wie aus der Zeichnung ersichtlich, ist an die *kürzere Thermometerröhre* der *Hohlkegel* angekittet, der, wie oben bemerkt, die luftdichte Verbindung zwischen Lösungsrohr und Zersetzungsrohr möglich macht. Das *lange Thermometerrohr* dient als *Manometer.* Es ist oben zugeschmolzen, so daſs in demselben eine Luftsäule durch die verdünnte Salzlösung abgesperrt wird, welche im weiten Rohr zersetzt wird. Die Manometerröhre kalibrirte ich, um die nöthigen Correctionen anbringen zu können. Um den *Endpunkt des Rohres* zu bestimmen, nahm ich an, daſs es oben in einen regelmäſsigen

n Kegel ausliefe. Ich bestimmte sowohl den Punkt wo
›hr anfängt sich zu *verengen*, wie auch die *äufserste*
des Kegels, und nahm an, dafs der *korrigirte End-*
des Rohrs auf $\frac{1}{3}$ *dieser Höhe* zu setzen sei. Da ich
errflüssigkeit kein Quecksilber, sondern eine Salzlö-
ınwandte, so entstand ein *kleiner Fehler* durch die
›tion der Luft. Ich notirte deshalb den Stand der
keitssäule *vor* und *nach der Compression und nahm*
Berechnung daraus, das Mittel. Wenn ich nämlich
pparat schnell öffnete, so bewegte sich das Wasser
nell aus dem Manometerschenkel in das weite Rohr,
e absorbirte Luft keine Zeit hatte zu entweichen; ich
en Manometerstand deshalb nach dem Versuch stets
wie vor demselben. Ich fand aus der Differenz zwi-
beiden Manometerständen annähernd die Correction,
anzubringen hatte. An dem Manometer befand sich
n Millimeter getheilte käufliche Papierscale. Ich be-
mich mit Hülfe einer Lupe abzulesen. Ich hielt näm-
ei den *Druckbestimmungen* eine *übergrofse Genauigkeit*
ıupt für *überflüssig*, da die erhaltenen Zahlen doch stets
grofsen Fehlern verknüpft waren, dafs es auf ein um
alsches Ablesen gar nicht ankam. *Ich begnügte mich bei*
i. sogar mit der Ablesung von $\frac{1}{2}^{mm}$; ich konnte diefs mit
Gewissen thun, da bei einer Länge der Luftsäule
40^{mm} (gewöhnlich betrug sie mehr) 0,5^{mm} Fehler noch
Druckdifferenz von 1 Atm. entspricht. Eine Diffe-
von 1 Atm. ist aber von *keinem merkbaren Einflufs*
e Löslichkeit der von mir untersuchten Salze.
eser *ganz aus Glas* gefertigte Zersetzungsapparat hielt
ut, wenn der Druck nicht höher wie 30 *Atm. stieg:*
0 oder gar bei 50 Atm. sprangen mir alle Rohre;
as noch schlimmer war: wenn ich sie bis zu 50 Atm.
re Haltbarkeit geprüft hatte, sprangen sie ein ande-
al ohne erkennbare Ursache schon bei 40 Atmo-
n. Die *Spannung*, in die das *Glas* durch die *Platin-*
versetzt wird, ist ohne Zweifel die Ursache, dafs die
gsröhren bei derselben Pressung Stand hielten, wo

die gleich dicken *Zersetzungsröhren* sprangen. So weit meine Erfahrungen reichen, wird die Spannung, welche die Platindrähte hervorrufen, um so *gröfser, je dicker* die Glasröhren sind. Ich glaubte deshalb auch durch sehr dicke Glasröhren *nicht* die für mein Gesicht und die Fensterscheiben wünschenswerthe Sicherheit erzielen zu können. *Ich entschlofs mich also, den in Fig. 4 dargestellten Apparat aus Messing construiren zu lassen.* Von unten her wurde eine *Glasröhre* (*c*) eingeschoben, in welche zwei isolirte Platindrähte eingeschmolzen waren, um oben zwei kleine *Platinbleche* zu tragen, die als *Elektroden* dienten. Diese Glasröhre wurde mit Siegellack sehr sorgfältig eingekittet. Das *Manometerrohr* wurde vermittelst einer *Stopfbüchsendichtung* eingesetzt. Eine Anzahl von *vulkanisirten Kautschukringen* wurde durch den Stopfbüchsendeckel vermittelst dreier Stahlschrauben stark *zusammengeprefst* und gewährte einen äufserst *bequemen* und *völlig dichten Verschlufs*. Die Manometerröhre hat unten einen verdickten und abgeschliffenen Rand, der sich auf eine mit Talg getränkte Lederscheibe an dem Boden der Stopfbüchse fest aufdrückt. Dieser Rand verhindert es, dafs die Röhre durch den Druck des Gases gehoben wird. Die Verbindung dieser Zersetzungsröhre mit dem Lösungsrohr unterscheidet sich nicht von der oben beschriebenen.

Das *Knallgas* wurde in *beiden* Apparaten aus *verdünnten Lösungen von einfach schwefelsaurem* NaO *oder* KaO (beide chemisch rein) entwickelt. Ich nahm *keine* verdünnte Schwefelsäure, um das Messing nicht anzugreifen. Das Zersetzungsrohr wurde höchstens *zur Hälfte* gefüllt, damit nichts von den Flüssigkeitstheilchen durch das Gas mit hinübergerissen würde.

Ueber das Arbeiten bleibt nur wenig zu sagen übrig. Das Lösungsrohr wurde *durch Saugen mit einer gesättigten Lösung gefüllt*. In die Oeffnung des Conus (*a*) pafste nämlich luftdicht die Glasröhre (*d*) der Fig. 5 Taf. V; diese war mit einem Gummischlauch verbunden, in welchem noch *eine andere* Glasröhre (e) steckte, die ich beim Saugen in

den Mund nahm. *In beide Schenkel wurde festes Salz in Pulverform (3 bis 4 Grm.) gebracht.* Nachdem der Hahn geschlossen und das Zersetzungsrohr aufgeschraubt war, verband ich die Pohldrähte mit der Batterie.

Der Druck stieg in 1 Minute etwa 1 Atm. Die Flüssigkeitssäule stieg also im Manometer so langsam, dafs ich den Strom *genau in dem Moment unterbrechen konnte*, in welchem der gewünschte Druck erreicht war. Nöthigenfalls konnte ich einen Theil des Gases durch den Kegelverschluſs *entweichen* lassen. Wenn die Siegellackkittungen gut waren, so blieb der Druck in 12 Stunden meist unverändert, sonst mufste ich natürlich von Zeit zu Zeit aufs Neue Gas entwickeln. Die in den Tabellen enthaltenen Druckangaben sind *das Mittel aus dem Druck, welcher während der Versuchsdauer geherrscht hat.* — Wollte ich eine Probe nehmen, so schraubte ich zunächst das Spritzrohr ab, um die darin befindliche Lösung entfernen zu können. Zugleich trocknete ich den Kanal aus, der zur Hahnspindel führte. Die Bohrung im Hahn war von sehr kleinem Durchmesser, so dafs sich nur wenig Lösung in derselben befand. Ich durfte deshalb annehmen, dafs die Lösung völlig verdrängt war, wenn ich vor dem Probenehmen etwa die zehnfache Menge hatte ausfliefsen lassen.

Das Lösungsrohr befand sich, ebenso wie das Stöpselglas *in einem Gefäfs mit Wasser*, dessen Temperatur constant erhalten wurde.

Ein *eigentliches Schütteln* konnte hier *nichts nützen*, ich mufste mir dadurch helfen, dafs ich das Lösungsrohr so weit umkehrte, dafs es etwa einen Winkel von 60° mit der Horizontalen machte. *Das heruntergleitende Salz* brachte das Wasser in wirbelnde Bewegung. Dieses Kippen war möglich, ohne dafs die Lösung im Zersetzungrohr an die Verbindungsröhre kam. Nach jeder Probe wurde der Druck wieder möglichst rasch nach dem vorigen Stand zurückgebracht. Ich mufs bemerken, dafs ich die Lösung tropfenweise *austreten liefs, indem* ich den Hahn nur sehr wenig *öffnete. Ich mufste* dieſs deshalb thun, damit das feste

Salz unten im Rohr liegen blieb und *nicht durch die bewegte Flüssigkeit mitgerissen wurde.* Hatte ich den Hahn zu weit geöffnet, und war deshalb etwas von dem festen Salze herübergerissen worden, *so nahm ich natürlich eine neue Probe.* Im Uebrigen verweise ich auf das, was ich über die *Löslichkeitsbestimmungen bei* 1 *Atm.* gesagt habe.

Ich muſs noch zwei Bedenken erörtern, die man gegen das von mir befolgte Verfahren erörtern könnte.

1) *Löst sich nicht etwas von der Messingfassung in den Salzsolutionen auf?* Ich habe mich durch wiederholte Versuche mit Schwefelammonium überzeugt, daſs dieſs nicht der Fall ist.

2) *Beeinflufst das Knallgas und die atmosphärische Luft, welche absorbirt werden, die Löslichkeit der Salze nicht?* Ich muſs zunächst bemerken, daſs die absorbirten Gasmengen *viel bedeutender* waren, als ich erwartete, namentlich das $\dot{N}a\ddot{S}$ absorbirt so viel Gas, daſs der Strahl schon bei 15° C. und 20 Atm. milchweiſs aus dem Spritzrohr austritt. Quecksilber konnte ich bei meinem Apparat *nicht anwenden.* Ich versuchte deshalb durch eine Schicht von *Olivenöl* die Berührung zwischen Gas und Lösung zu hindern. Wenn auf diese Weise auch *weniger Gas* absorbirt wird, so hindert das Oel die Absorption doch *keineswegs vollständig. Nur* wenn das Olivenöl bei 0° *erstarrt,* dann *hindert* es die Absorption *fast völlig.* Dieselben Dienste thut bei höherer Temperatur ein Gemisch aus Wachs und Knochenöl, welches ich mir zu dem Zweck gemacht hatte. Aber es ist dann schwierig, die Lösung so langsam ausfliefsen zu lassen, daſs das erstarrte Oel wie ein Kolben nachgeschoben wird. Gewöhnlich zerriſs die schützende Decke und half dann nichts mehr; *ich gab dieſs Verfahren deshalb um so eher auf,* als es stets die gröfste Mühe kostete, *das mit Fett beschmutzte Rohr wieder zu reinigen.* Aber durch einzelne Versuche, wo es mir auf diese Weise gelang, die *Absorption zu verhindern,* konnte ich mich überzeugen, daſs sie *keinen bemerkbaren Einfluſs hat.* — *Zu demselben Resultat kam* ich durch die Uebereinstimmung der

ersten Probe mit der zweiten und dritten. Es geschah nämlich die *Diffusion* des gelösten Gases *so langsam*, dafs die erste Probe fast gar kein Gas enthielt, während diefs bei den folgenden Versuchen in steigendem Maafse der Fall war. Aber in anderer Weise wirkte das Gas anscheinend *sehr störend*; es verdichtete sich nämlich in so bedeutender Menge an der Oberfläche der Krystalle, dafs diese wie mit einer Firnifsschicht überzogen waren. Die *Ausscheidung* des Salzes aus der übersättigten Lösung wurde deshalb im einen Falle ebenso *erschwert*, wie die *völlige Sättigung* im anderen.

IV. Die Einzelnheiten und Ergebnisse der Versuche.

Ich habe bereits oben den freilich etwas willkürlichen Grundsatz aufgestellt, dafs nur solche Löslichkeitsbestimmungen eine *gewisse Garantie* böten, bei denen zwei aufeinanderfolgende Versuche derselben Reihe höchstens eine Differenz von 0,05 Proc. ergäben. Die Tabellen (s. S. 411 ff.) enthalten *alle Angaben*, um beurtheilen zu können, *ob die gestellten Bedingungen erfüllt sind oder nicht.* Deshalb habe ich mir erlaubt, auch eine Anzahl von Löslichkeitsbestimmungen in dieselben aufzunehmen, *die jene strengen Kriterien nicht haben.* Ich möchte die Letzteren nur als *Näherungswerthe* angesehen wissen. *Meine Zeit erlaubte mir leider nicht*, in allen Fällen die Versuche zu *wiederholen*, wenn jene Uebereinstimmung *nicht* erzielt war.

Zur Erläuterung der Tabellen diene Folgendes: Es sind bekanntlich *zwei Methoden* üblich, die Löslichkeit auszudrücken.

1) *Man setzt die Menge der Lösung* = 100, man drückt also den Salzgehalt in Procenten der Lösung aus. Die mit »Lösungsmenge = 100« bezeichneten Tabellen enthalten die Angaben nach dieser Ausdrucksweise berechnet.

2) *Man setzt die Menge des in der Lösung enthaltenen Wassers* = 100. Es ist diefs die üblichere Bezeichnungsweise. Ich habe auch Tabellen nach dieser Methode *berechnet, wie aus den Ueberschriften* ersichtlich.

Die Anordnung der Tabellen ergiebt sich am besten aus den *Ueberschriften* der betreffenden Reihen, und aus den *Anmerkungen am Anfang der Tabelle I.* Ich will nur noch bemerken, dafs die *horizontalen Striche die Versuchsreihen von einander trennen:* sind zwei Horizontalreihen also *nicht* durch einen solchen Strich getrennt, so sind das die Resultate zweier Versuche, *die ohne Unterbrechung bei gleicher Temperatur und gleichem Druck angestellt sind.* Die Verticalreihe, welche an ihrem Kopf ein lateinisches *I* trägt, enthält (in Stunden) die Zeit, welche vom Beginn des Versuches bis zum ersten Probenehmen verflossen ist, beziehungsweise die Zeit, welche zwischen der ersten, zweiten usw. Probe liegt. Die mit *M* überschriebene Colonne enthält *nicht blofs die Mittelwerthe*, sondern ich habe auch in den Fällen, *wo ich überhaupt nur annähernde Resultate erzielt habe, das* Resultat in diese Colonne aufgenommen, welches ich *für das wahrscheinlichste* hielt.

Die Taf. VI enthält die Resultate dieser Tabellen *in der übersichtlichen Form von Curven.* Die Ordinateneinheit beim Kochsalz ist 0,1 Theile Salz (bezogen auf 100 Th. Lösungswasser) während diese Einheit beim NaO, SO^3 und beim KO, SO^3 0,5 Theilen Salz entspricht. Die Abscisseneinheit ist bei allen drei Salzen = 1° C.

Ich habe aufserdem eine zweite Reihe von Tabellen beigefügt, welche die Wägungsresultate enthalten, aus denen die Löslichkeit berechnet ist (s. S. 414 ff.).

Chlornatrium.

Das Salz, welches ich als *chemisch rein gekauft* hatte, wurde in der *Siedehitze* umkrystallisirt. Das so erhaltene Salz wurde mit einer concentrirten Lösung des ursprünglichen Salzes ausgewaschen. Darauf prüfte ich es auf seine Reinheit mit folgenden Reagentien:

Chlorbarium: längere Zeit gekocht, *völlig klar.*

Phosphorsaures Ammoniak und Salmiak: gekocht, nach 24 Stunden *keine Trübung.*

Kohlensaures Ammoniak: gekocht, *keine Trübung.*

Schwefelammonium: keine Trübung.

Platinchlorid: concentrirte Na Cl-Lösung mit Alkohol und Aether, *kein Niederschlag.*

Was die in der Tabelle befindlichen Resultate betrifft, so will ich zunächst auf die interessante Thatsache aufmerksam machen, dafs für 1 Atm. *bei* 12° *C.* die Löslichkeit *gröfser* ist, wie bei 15° *C.* In allen ähnlichen Fällen, z. B. beim $NaO\,SO^3$ nimmt man an, dafs an dem Punkt der Löslichkeitscurve *ein Salz mit anderem Wassergehalt in Lösung* kommt, wo die Curve aus einer aufsteigenden eine absteigende wird. Es könnte zweifelhaft erscheinen, ob man zu demselben Schlufs auch beim Na Cl berechtigt ist, da alle Lehrbücher die Bemerkung enthalten, *dafs es nur ein Hydrat des* Na Cl *gebe*, und dafs dieſs schon unter dem Gefrierpunkt zerfalle. Aber Frankenheim [1]) theilt in seinen mikroskopischen Beobachtungen über die Krystallbildung mit, *dafs das Kochsalz bei* 15° *C. und darüber in nicht würfelförmig gestalteten Krystallen anschieſse, die jedoch beim Berühren zerfallen.* Diese Beobachtung macht es wahrscheinlich, dafs es diese Krystalle (ein zweites Hydrat?) sind, welche sich bis 12° in Lösung befinden. Dann entsteht vielleicht ein anderes Salz, welches die Abnahme der Löslichkeit bis 15° veranlafst.

Ich will noch erwähnen, dafs auch folgender Umstand für dieselbe Annahme spricht. Ich habe aus der Tabelle [2]) über die specifischen Gewichte einer Kochsalzlösung von 25 Proc. folgende Differenzen gezogen:

Cels.	Specifische Gewichte	Δ^1	Δ^2
0°	1,19897		
		0,00216	
5°	1,19681		+ 0,00011
		0,00227	
10°	1,19454		— 0,00001
		0,00226	
15°	1,19228		+ 0,00046
		0,00272	
20°	1,18956		

1) Pogg. Ann. Bd. III S. 16.
2) *Gerlach a. a. O.*

Dieses *sprungweise Wachsen der Ausdehnung*, welches die *zweiten Differenzen* beweisen, scheint mir ohne die Annahme schwer erklärlich, dafs die *Atome* sich plötzlich *anders gruppiren*. Es braucht sich freilich hierbei kein krystallisirbares Hydrat zu bilden, welches eine andere Löslichkeit hat, wie das wasserfreie Salz. Es können ja auch feste Verbindungen des Salzes mit HO existiren, die bei der betreffenden Temperatur flüssig bleiben. Diefs sprungweise Wachsen der Ausdehnung bekommt also *nur in Verbindung mit den andern Argumenten* einiges Gewicht. Meine Versuche über die Löslichkeit unter einem *Druck von* 20 *Atmosphären* zeigen nun, dafs eine für diesen Druck construirte *Löslichkeitscurve zwischen* 15° *und* 20° *noch etwas fällt*. Vielleicht darf man daraus folgern, dafs *jene Umwandlung des gelösten Salzes* (die bei 1 Atm. zwischen 12° und 15° erfolgt) unter einem Druck von 20 *Atm.* erst *bei etwa* 20° C. stattfindet.

Die wenigen Versuche die ich über die Löslichkeit unter einem Druck von 40 Atm. angestellt habe, scheinen zu zeigen, dafs die Aenderung der Löslichkeit bei 0° dem Druck *proportional* ist: während diefs Verhältnifs für 15° nicht stattfindet.

Neutrales schwefelsaures Natron. (Hydrat mit 10 Atomen Wasser.)

Das käufliche chemisch reine Salz wurde bei etwa + 10° C. umkrystallisirt. Die erhaltenen Krystalle wurden auf folgende Weise geprüft:

Schwefelammonium: Nichts.

Kohlensaures Ammoniak: nach langem Kochen Nichts.

Blaues Lackmuspapier: Neutral.

Platinchlorid: Nichts.

Chlorammonium und phosphorsaures Ammoniak: nach 24 Stunden Nichts.

Salpetersaures Silberoxyd: äufserst schwache Trübung.

Die Tabelle enthält nur für den gewöhnlichen Luftdruck Zahlen, welche den Anforderungen entsprechen, die [illegible] die Löslichkeitsbestimmungen stellen kann.

Die Schwerflüchtigkeit des Salzes begünstigt sehr genaue Resultate: es mufs deshalb um so auffallender erscheinen, dafs ich für *höheren Druck* trotz meiner hier besonders grofsen Sorgfalt, *keine übereinstimmende Resultate* habe erzielen können. Da ich das Lösungsrohr bei 1 Atm. mit gesättigter Lösung füllte, so habe ich angenommen, dafs *die* Resultate die *gröfste Wahrscheinlichkeit* für sich hätten, die am *meisten* von den Werthen bei 1 Atm. *abweichen.*

Ich habe schon oben die Art und Weise angedeutet, wie ich mir die grofsen Sprünge in der Löslichkeit des $\dot{N}a\ddot{S}$ erklärt habe. Die Salzkrystalle, welche sich in der Röhre befanden, condensirten rasch eine grofse Menge Gas an ihrer Oberfläche, welches die unmittelbare Berührung zwischen Lösung und festen Salz aufhob. Bekanntlich hat das $\dot{N}a\ddot{S}$ eine grofse Neigung, übersättigte Lösungen zu bilden; es wurde deshalb die Ausscheidung gehemmt, bis etwa ein Krystall zerbrach, und nun erfolgte die Ausscheidung mit einem Male. Es konnte auch sehr gut der Fall eintreten, dafs sich im absteigenden Schenkel des Lösungsrohrs noch weniger Salz ausgeschieden hatte, als die Krystallisation durch die Gasschicht gehemmt wurde, alsdann konnte gegen die Regel ein zweiter Versuch eine gröfsere Löslichkeit ergeben, wie der erste. Diese massenhafte Verdichtung des Gases trat jedesmal zu Tage, sobald ich den Apparat öffnete; es entwickelte sich alsdann eine sehr grofse Menge Gas von der Oberfläche der Krystalle, während sich von dem Glas nur äufserst wenige Bläschen loslösten.

Ich will darauf aufmerksam machen, *dafs bei* 0° *die Löslichkeit durch den Druck vermehrt wird, während sie bei* 15° C. *bedeutend vermindert wird.* Mehrere Gründe veranlassen mich zu der Vermuthung, dafs für alle Salze ein Punkt existirt, wo bei steigender Temperatur der Druck die Löslichkeit vermindert.

Neutrales schwefelsaures Kali.

Ich kaufte chemisch reines Salz und liefs es unter Umrühren bei einer Temperatur von etwa 90° umkrystallisiren. Ich prüfte das schwefelsaure Kali durch folgende Reagentien:

Lackmuspapier: Neutral.

Salpetersaures Silberoxyd: völlig klar.

Schwefelammonium: völlig klar.

Phosphorsaures Ammoniak und Salmiak: unwägbarer Niederschlag.

Nach dem Glühen löste sich das Salz *ohne Rückstand* vollkommen auf. Ich hebe hervor, dafs die Löslichkeitszunahme für 20 Atm. bei 0° gröfser ist wie bei 15°. Diefs scheint darauf hinzudeuten, dafs auch für das schwefelsaure Kali mit steigender Temperatur ein Punkt eintritt, *wo die Wirkung des Drucks* $= 0$ *ist.* Bei 0° findet der merkwürdige Umstand statt, dafs eine Vermehrung des Drucks von 20 auf 30 Atm. *keine Vermehrung* der Löslichkeit bewirkt, während von 1 bis 20 Atm. die Löslichkeit *bedeutend zugenommen hat.* Ich will bemerken, dafs ich für die Versuche unter einem Druck von 30 Atm. das Lösungsrohr mit einer Lösung gefüllt hatte, die längere Zeit einer Temperatur von 0° ausgesetzt gewesen war: für den Versuch bei 20 Atm. hatte ich dagegen das Lösungsrohr mit einer verdünnten Lösung gefüllt, die bei 15° dargestellt war. Ich wage nicht zu entscheiden, ob hierin der Grund jenes sonderbaren Resultats liegen kann.

Schwefelsaurer Kalk. (Mit 2 Atomen Wasser.)

Ich zerkleinerte für meinen Zweck einen *völlig klaren Gypskrystall* von Reinhardsbrunn in Thüringen. Die Lösung hatte bereits 3 Tage gestanden, ehe ich sie genau der Temperatur von 15° aussetzte. Ich nahm gröfsere Mengen, um die dritte Decimale mit einiger Sicherheit berechnen zu können. Die Zeit erlaubte mir leider nicht *über dieses* für die Geologie so wichtige Salz weitere Un-

tersuchungen anzustellen. Ich will auf den *verhältnifsmäfsig grofsen Einflufs des Drucks auf die Löslichkeit des Gypses aufmerksam machen.* Die Löslichkeit bei 1 Atm. verhält sich nämlich zu der bei 20 Atm. wie 10 : 11.

Schlufsbetrachtungen.

Ich hoffe die Thatsache durch meine Versuche unzweifelhaft festgestellt zu haben, dafs der Druck einen Einflufs auf die Löslichkeit der von mir untersuchten Salze übt.

Wenn Hr. Favre behauptet, dafs dieser Einflufs *nur durch die Erwärmung* bedingt werde, *welche das Lösungswasser durch den Druck erfährt,* so wird diefs *schon dadurch widerlegt,* dafs der Druck bei dem $\dot{N}a\ddot{S}$ für 15° eine bedeutende *Verminderung* bewirkt. Aber es ist jene Erklärung auch für die anderen Salze, wie ich glaube, unstatthaft. Der Druck stieg bei meinen Versuchen so langsam, dafs bei der grofsen Oberfläche, die das Lösungsrohr dem Wärmeverlust darbot, eine *merkliche Erwärmung nicht stattfand.*

Die Löslichkeitszunahme, welche die Salze durch den Druck erfahren, ist meitens so bedeutend, dafs dieselbe nur durch *eine grofse Temperaturerhöhung* erklärt werden könnte. Beispielsweise müfste man beim Na Cl für 0° eine Temperaturerhöhung von etwa 30° C. annehmen, um die Löslichkeitszunahme zu erklären, die ein Druck von 40 Atm. hervorbringt. Aber wenn man auch hiervon absehen wollte, so müfste Hr. Favre auch noch die Annahme machen, dafs alles Salz, was sich durch die Erwärmung gelöst hätte, während der Versuchsdauer *nicht ausgeschieden* worden wäre. Ich glaube, dafs eine solche Voraussetzung um so ungegründeter ist, als der *spätere* Versuch fast stets eine etwas *höhere Löslichkeit* ergeben hat wie der frühere.

Meine Versuche haben *nicht* den nöthigen Umfang, um, wie ich wünschte, aus ihnen weitgehende Schlüsse auf die *Bildung der Salzlager* folgern zu können. Vorläufig darf *man aus meinen Versuchen* wohl nur das Eine schliefsen,

dafs mit zunehmender Tiefe der Salzgehalt des Meeres zunimmt.

Es ist, wie ich glaube, schon früher nachgewiesen, und *ich habe mich beim* $\dot{N}a\ddot{S}$ *selbst davon überzeugt*, dafs eine *gleichmäfsige* Salzlösung eine *ungleichmäfsige* Vertheilung des Salzgehalts erfährt, wenn man den *einen* Theil derselben *mehr erwärmt* wie den *andern*. Und zwar *vermehrt* sich der Salzgehalt des *erwärmten Theils*, während der des *kälteren abnimmt*. Es rührt dieſs offenbar daher, dafs das Wasser in dem mehr erwärmten Theil eine gröfsere Verwandtschaft zum Salze hat, wie das Wasser im kälteren Theil.

Wenn man nun aus *analogen Ursachen auf analoge Wirkungen* schliefsen darf, so mufs der Salzgehalt des Meeres nach unten zunehmen, *weil die Löslichkeit des Na Cl durch den Druck in ähnlicher Weise erhöht wird, wie dieſs sonst durch die Wärme geschieht*. Natürlich kann man noch keine bestimmten Schlüsse auf die Gröfse der Zunahme machen. Hierzu bieten die Versuche auch nicht annähernd das nöthige Material.

Ich habe es oben als eine Hypothese hingestellt, die sich auf meine Versuche stütze, dafs der Salzgehalt unserer Meere mit der Tiefe zunimmt. *Es ist aber keine Hypothese, sondern es ist eine mehrfach bewiesene Thatsache* [1]).

Als ich es versuchte, mir diese Thatsache zu erklären, kam ich zu der Vermuthung, dafs die Löslichkeit des Kochsalzes durch den Druck vermehrt würde, und dieſs war die erste Veranlassung zu den Versuchen, die in dieser Arbeit niedergelegt sind.

Berlin, Mai 1862.

Nachtrag.

Der Hr. Geheimerath Prof. Mitscherlich forderte mich auf, es auf irgend eine Weise *direct zur Anschauung* zu bringen, dafs der Druck einen Einflufs auf die Löslichkeit übe.

[1]) Anderen durch Fremy Compt. rend. *T.* 6 *p.* 616.

Ich führte den zu diesem Zweck angestellten Versuch in dem Apparat aus, welchen Fig. 6 Taf. V im Durchschnitt darstellt. Dieser Apparat besteht aus zwei Theilen: dem Glas und dem messingenen Kopf. Das Erstere unterscheidet sich von einer Reagensröhre nur durch die gröfsere Dicke des Randes und der Wand. Der Kopf läuft oben in einen durchbohrten Kegel aus, auf den der Hohlconus des Zersetzungsrohrs Fig. 4 pafst. Die luftdichte Verbindung des Glases mit dem messingenen Kopf wird durch eine Stopfbüchsendichtung bewirkt, indem durch den Stopfbüchsendeckel mehrere Ringe von vulkanisirtem Kautschuck etwa auf die Hälfte ihres Volumens zusammengepreſst werden. Das Glas darf nicht direct gegen den Boden der Stopfbüchse gedrückt werden, weil sonst der Rand desselben abspringt, ich legte deshalb eine in der Mitte durchlochte Lederscheibe zwischen Glas und Messing. Es ist zweckmäfsig, das Glas mit einer schützenden Schicht von Firnifs zu überziehen, weil dasselbe leicht Ritzungen mit dem Stopfbüchsendeckel erfährt, wenn man diese Vorsicht nicht gebraucht. Der in Fig. 6 dargestellte Apparat hält (beiläufig bemerkt) einen Druck von 60 Atm. sehr gut aus.

Was den Versuch selbst betrifft, so stellte ich ihn mit *einfach schwefelsaurem Kali bei* 0° *C. an.* Nachdem ich den Inhalt des Glases zu $2\frac{1}{7}$ Grm. Wasser gefunden hatte, wog ich 0,0095 Grm. festes Salz ab, d. h. die Menge, die sich nach meinen Versuchen in $2\frac{1}{7}$ Grm. Wasser bei 30 Atm. lösen mufste, wenn die Lösung bereits bei 1 Atm. gesättigt worden war. Ich stellte mir nun eine *bei* 1 *Atm.* und 0° C. *gesättigte Lösung* in einem Stöpselglas her, das ich während 12 Stunden in schmelzendes Eis stellte, füllte dann das Glas des Druckapparats bis zum Rande mit dieser Lösung, warf die beiden abgewogenen Stückchen festes Salz hinein und drückte schliefslich ein Stück von einer passenden vulkanisirten Kautschuckschnur in die Oeffnung des Glases. Der Kautschuck sollte als ein luftdichter Kolben dienen, der einerseits den Druck des Gases auf die Flüssigkeit übertrüge und andererseits *Gas und Flüssigkeit* trennte. Es gelang mir übri-

gens auch auf diese Weise nicht, die Absorption des Gases völlig zu hindern. — Das Glas des Druckapparats mit den $2\frac{1}{7}$ Grm.-Lösung und den 0,0095 Grm. festen Salzes stellte ich darauf noch einmal 8 Stunden in schmelzendes Eis, um sicher zu sein, dafs meine Lösung eine bei 0° und bei 1 Atm. völlig gesättigte war. Jetzt schlofs ich den Apparat und steigerte den Druck bis auf 40 Atm. — Das feste Salz löste sich (während der Apparat natürlich fortwährend in schmelzendem Eis blieb) *zwar sehr langsam, aber doch sehr merklich; nach 40 Stunden* (wo der Druck bis auf 30 Atm. gesunken war) war nur noch ein *kleiner Rest* von *einem* der beiden Stückchen festen Salzes vorhanden, *das andere schien sich völlig gelöst zu haben.* Nun öffnete ich den Apparat für einen Augenblick, um das Knallgas austreten zu lassen, und schlofs denselben wieder, als der Druck auf 1 Atm. gesunken war. Nach einigen Stunden hatte sich der Rest des festen schwefelsauren Kali ***sehr merklich vergröfsert, indem sich das formlose Stückchen Salz in einen Krystall verwandelte, der schön spiegelnde Flächen zeigte.*** Da ich jetzt meine Absicht erreicht hatte, so unterbrach ich den Versuch, ohne die völlige Ausscheidung des durch den Druck gelösten Salzes abzuwarten. Das Gewicht des so erhaltenen Krystalls betrug gegen 5 Mgrm.

Berlin, im Juli 1862.

Alle Angaben beziehen sich auf *wasserfreies* Salz. Columne *A* enthält den Druck in Atmosphären. Columne *R* enthält die Versuchsresultate. Columne *M* enthält die Mittel daraus. Columne *Z* enthält die Versuchsdauer in Stunden. Die Temperaturen sind in Centesimalgraden angegeben.

Na Cl.

Lösungsmenge = 100.

A	*R* 0°	*M*	*Z*	*R* 9,0°	*M*	*Z*	*R* 12,0°	*M*	*Z*	*R* 15,0°	*M*	*Z*	*R* 20,0°	*M*	*Z*	*R* 25,0°	*M*	*Z*	*R* 30,0°	*M*	*Z*
1	26,25 26,25	26,25	14 14	26,31 26,33	26,32	14 0	26,34 26,35	26,35	12 16	26,32 26,28	26,30	12 4	26,34 26,36	26,35	8 7	26,38 26,36	26,37	10 5	26,47 26,47	26,47	6 10
										26,34 26,27	26,31	18 12								
20	26,36 26,34	26,35	16 11	26,38	26,38	10				26,38 26,39	26,39	10 3	26,36 26,38	26,37	8 7	26,44 26,49	26,47	12 12	26,53	26,53	6½
40	26,40 26,48	26,44	10 7							26,40 26,40	26,40	5 14									

Wassermenge = 100

1	35,59 35,59	35,59	14 14	35,69 35,74	35,72	14 0	35,75 35,79	35,77	12 16	35,73 35,65	35,69	12 4	35,77 35,79	35,78	8 7	35,83 35,79	35,81	10 5	36,01 36,01	36,01	6 10
										35,76 35,64	35,70	18 12								
20	35,81 35,77	35,79	16 11	35,84	35,84	10				35,83 35,85	35,84	10 3	35,81 35,84	35,82	8 7	35,94 36,04	35,99	12 12	36,10	36,10	6½
40	35,88 36,02	35,95	10 7							35,87 35,87	35,87	5 14									

$NaO\,SO^3 + 10\,aq.$

Lösungsmenge = 100.

A	R 0,0°	M 0,0°	Z	R 15,0°	M 15,0°	Z	R 15,4°	M 15,4°	Z
1	4,42 4,38	4,40	12 10	11,34 11,30	11,32	14 4	11,43 11,45	11,44	9½ 3
20	4,41 4,53	4,53	12 6	11,50 10,78	10,78	12 5	10,77 10,71	10,74	5 9
				11,23 10,41	10,41	12 11			
30				10,26 10,05	10,05	10 8			
40				10,33 10,57 10,73	10,33	7 12 12			

Wassermenge = 100.

A	0,0°		Z	15,0°		Z	15,4°		Z
1	4,62 4,58	4,60	12 10	12,79 12,73	12,76	14 4	12,92 12,96	12,94	9½ 3
20	4,61 4,74	4,74	12 6	12,99 12,14	12,14	12 5	12,07 12,00	12,04	5 9
				12,60 11,61	11,61	12 11			
30				11,45 11,17	11,17	10 8			
40				11,53 11,81 12,02	11,53	7 12 12			

KO SO³.

Lösungsmenge = 100.

A	R 0,0°	M 0,0°	Z	R 15,0°	M 15,0°	Z	R 15,5°	M 15,5°	Z	R 16,2°	M 16,2°	Z
1	6,82	6,81	12	9,15	9,14	11	9,24	9,24	6	9,30	9,35	5
	6,80		10	9,13		12				9,39		3
20	7,13	7,14	13				9,36	9,44	6	9,43	9,54	5
	7,14		9				9,44		9	9,54		5
30	7,00	7,14	11									
	7,02		8									
	7,17		14									
	7,11		12									

Wassermenge = 100.

A	0,0°		Z	15,0°		Z	15,5°		Z	16,2°		Z
1	7,32	7,31	12	10,07	10,06	11	10,19	10,19	6	10,25	10,32	5
	7,30		10	10,05		12				10,36		3
20	7,67	7,68	13				10,33	10,43	6	10,41	10,54	5
	7,68		9				10,43		9	10,54		5
30	7,53	7,69	11									
	7,55		8									
	7,72		14									
	7,66		12									

Ca O SO³ + 2 aq.

Lösungsmenge = 100. Wassermenge = 100.

A	15,0°		Z	16,2°		Z	15,0°		Z	16,2°		Z
1	0,205	0,206	15	0,213	0,213	11	0,206	0,207	15	0,214	0,214	11
	0,207		12	0,213		12	0,207		12	0,213		12
20	0,186	0,229	11				0,187	0,230	11			
	0,229		14				0,230		14			
	0,227	0,226	24				0,228	0,227	24			
	0,225		24				0,226		24			

Tabelle II.

Wägungstabelle (in Grammen).

Die erste Spalte jeder Columne enthält das Gewicht der untersuchten Lösung. Die zweite Spalte jeder Columne enthält das Gewicht der Rückstände in festem Salz.

Na Cl.

Atmosphären	Temperatur 0,0° C.		9,0° C.		12,0° C.		15,0° C.		20,0° C.		25,0° C.		30,0° C.	
1	1,7015	0,4466 0,4466	1,6930	0,4453 0,4452	1,8735	0,4935 0,4934	2,1750	0,5725 0,5725	2,1598	0,5691 0,5689	2,0955	0,5528 0,5528	1,8062	0,4782 0,4782
	1,9016	0,4991 0,4991	1,8683	0,4919 0,4918	1,7417	0,4590 0,4590	1,7355	0,4560 0,4560	2,1772	0,5739 0,5738	1,5743	0,4152 0,4150	1,9191	0,5081 0,5080
							1,1061	0,2915 0,2914						
							2,1173	0,5563 0,5563						
20	0,6104	0,1609 0,1609	1,4672	0,3872 0,3870			1,3978	0,3687 0,3685	1,6397	0,4323 0,4322	1,2704	0,3358 0,3357	1,6514	0,4381 0,4380
	1,5627	0,4117 0,4116					0,8262	0,2180 0,2180	1,0705	0,2824 0,2823	1,2023	0,3185 0,3184		
40	0,7053	0,1863 0,1861					0,6621	0,1749 0,1747						
	1,0150	0,2689 0,2687					1,2728	0,3360 0,3359						

Na O SO + 10 aq.

Atmosphären	Temperatur					
	0,0° C.		15,0° C.		15,4° C.	
1	1,9558	0,0864 0,0864	1,7156	0,1945	1,4595	0,1670 0,1669
	1,9743	0,0864 0,0864	2,0124	0,2273 0,2273	1,4733	0,1691 0,1691
20	1,0152	0,0448 0,0447	0,5122	0,0589 0,0589	1,5690	0,1690 0,1690
	0,8884	0,0402 0,0402	0,4580	0,0494 0,0494	0,7095	0,0761 0,0760
			0,7602	0,0856 0,0854		
			0,5669	0,0590 0,0590		
30			0,9053	0,0929 0,0929		
			1,5220	0,1531 0,1530		
40			0,6278	0,0649		
			0,6133	0,0648		
			0,5730	0,0615		

Ca O SO^3 + 2 aq.

Atmosphären	Temperatur			
	15,0° C.		16,2 C.	
1	3,6020	0,0075 0,0074	3,4219	0,0074 0,0073
	3,7182	0,0077 0,0077	3,3373	0,0071 0,0070
20	2,5331	0,0046 0,0048		
	2,0748	0,0048 0,0046		
	2,1132	0,0048 0,0048		
	1,7308	0,0039 0,0039		

$KO\,SO^3$.

Atmosphären	Temperatur 0,0° C.		15,0° C.		15,5° C.		16,2° C.	
1	1,7734	0,1210 0,1209	1,6988	0,1555 0,1555	1,8499	0,1711 0,1709	1,7000	0,1581 0,1581
	1,7005	0,1157 0,1157	1,8197	0,1661 0,1661			1,6098	0,1513 0,1512
20	0,8942	0,0638 0,0637			1,0670	0,0999 0,0998	0,8592	0,0811 0,0809
	0,7921	0,0566 0,0565			0,8200	0,0776 0,0774	1,0768	0,1027 0,1027
30	1,1169	0,0783 0,0782						
	0,9967	0,0700 0,0700						
	0,5048	0,0362 0,0363						
	0,6001	0,0426 0,0427						

III. *Die Abhängigkeit elektrischer Ströme von der Form ihrer Schliefsungen; von Peter Riefs.*

(Aus den Monatsber. d. Akad. Juni 1862.)

Die Entdeckung der Rückwirkung des Nebenstromes auf den ihn erregenden Hauptstrom der leydener Batterie führte mich auf die Untersuchung, ob in der Hauptschliefsung selbst ein Nebenstrom erregt und dadurch der Hauptstrom geändert werde. Es wurden 26 Fufs von dem Drahte, der die Batterie schlofs, zu zwei ebenen Spiralen gewunden, diese Spiralen einander nahe gegenübergestellt, und entweder so mit einander verbunden, dafs der Entladungsstrom sie in gleicher, oder so, dafs er sie in entgegengesetzter Richtung durchlaufen mufste. Die Erwärmung in einem andern Theile der Schliefsung wurde nicht verschieden gefunden bei dieser verschiedenen Form des Schliefsungsbogens (Pogg. Ann. Bd. 50, S. 19). Als jedoch Hankel bei seinen Magnetisirungsversuchen durch den elektrischen Strom diesen Versuch mit 317 Fufs Draht wiederholte (Pogg. Ann. Bd. 69, S. 330), und statt des Thermometers die Stahlnadel als Prüfungsmittel gebrauchte, gab diefs empfindlichere Mittel einen bedeutenden Unterschied der Magnetisirung, je nachdem die Spiralen in gleichem oder entgegengesetztem Sinne mit einander verbunden waren. Es war hiermit die Aenderung des Entladungsstromes durch veränderte Form seiner Schliefsung angezeigt, aber der Sinn dieser Aenderung unbestimmt gelassen. Als ich auf meinen Versuch zurückging (Pogg. Ann. Bd. 81 S. 428) fand ich mit zwei Spiralen, die zusammen eine Drahtlänge von 107 Fufs besafsen, dafs die durch den Strom erregte Erwärmung vermindert wurde, wenn die Spiralen in gleichem und verstärkt, wenn sie in entgegengesetztem Sinne verbunden waren, und konnte daraus über die Abhängigkeit elektrischer Ströme von der Form ihrer Schliefsung einen empirischen Satz ableiten, der sich bis jetzt in allen

Fällen bewährt hat. Dieser Satz heifst: Zwei einander parallel naheliegende Theile des Schliefsungsbogens der Batterie wirken auf einander. Der Entladungsstrom wird durch diese Einwirkung geschwächt, wenn er beide Theile in gleicher, und verstärkt, wenn er sie in entgegengesetzter Richtung durchläuft. Jede Biegung des Schliefsungsbogens, in welcher der erste Fall stattfindet, wurde als N-Form, jede in welcher der zweite, als U-Form bezeichnet.

Die Ursache dieser Aenderungen des Stromes ergab sich aus frühern Erfahrungen. Ich hatte nachgewiesen, dafs ein Strom in seinem Gange verzögert werden kann durch einen Nebenstrom, den er in einem neben dem Hauptdrahte liegenden Drahte erregt. Dabei war die Richtung des Nebenstromes allein durch die des Hauptstroms bestimmt und konnte nicht ohne diese geändert werden. Wenn aber ein Nebenstrom in dem Drahte selbst erregt wird, der den Hauptstrom leitet, so wird durch eine verschiedene Biegung dieses Drahtes die Richtung des Nebenstromes gegen die des Hauptstromes geändert. Es wurde daher folgerichtig die Verzögerung durch jene frühere Erfahrung erklärt, und die neue Erfahrung, einer Beschleunigung des Stromes, der veränderten Richtung des Nebenstromes zugeschrieben (Pogg. Ann. Bd. 81 S. 433). Dadurch war die Aenderung eines Stromes durch die Form seiner Schliefsung auf das Engste mit dem Nebenstrome verknüpft, und alle Folgerungen aus dieser Annahme sind bestätigt worden. So war die Geringfügigkeit der Aenderung des Hauptstromes (dieser stets gemessen durch seine verständlichste Wirkung, die Erwärmung) durch den Umstand erklärlich, dafs der Nebenstrom nur bis in die Belegungen der Batterie, und daher nicht in sich zurücklaufen konnte. Es war vorauszusehen, dafs bei gestattetem Kreislaufe die Aenderung eines Stromes viel bedeutender seyn würde. Durch Induction kann ein Strom an einer Stelle eines vollständig metallischen Kreises erregt werden, und dieser Strom erregt im Kreise einen Nebenstrom, der in sich zurückläuft. *An allen* inducirten Strömen ist daher die Abhängigkeit

von der Form ihrer Schliefsung sehr grofs und dadurch die Gelegenheit gegeben zur Prüfung der Annahme, dafs der Grund der Stromänderung in einem in der Schliefsung erregten Nebenstrome zu finden sey. Faraday hat nämlich bei der Entdeckung des Nebenstromes im Schliefsdrahte einer voltaschen Kette, der bei Unterbrechung des Stromes auftritt und als Extrastrom bezeichnet wird, die merkwürdige Erfahrung gemacht, dafs dieser Strom ausbleibt, wenn ein zum Kreise geschlossener Draht dem Schliefsdrahte der Kette parallel nahe liegt. Es wird, nach seinem Ausdrucke, der Extrastrom dann auf den naheliegenden Draht übertragen (*exp. resear.* 1092). Rührt also die Aenderung der Ströme der leydener Batterie bei Formänderung ihrer Schliefsungen von einem Extrastrome her, so mufs diese Aenderung beseitigt werden können durch Nahelegung eines der Schliefsung parallelen geschlossenen Drahtes. Dieſs ist mir bei der Schwächung der Ströme durch die N-Form ihrer Schliefsung vollständig gelungen, und dafs es bei der Stärkung des Stromes durch die U-Form nur in sehr geringem Maafse gelang, davon habe ich den Grund angegeben und werde unten darauf zurückkommen. Da mir die Stromänderung durch die Schliefsungsform das Mittel gab, die relative Richtung der verschiedenen Nebenströme des Batteriestromes zu bestimmen, so habe ich die Erfahrungen über jene Aenderung in einer Abhandlung mitgetheilt, die den Titel führt: Ueber die elektrischen Ströme höherer Ordnung [1]). Die bei dieser Untersuchung angewandten Apparate waren bequem, aber, ihrer Wirkung nach, nicht einfach. Ich brauchte nämlich zur Herstellung der N-Form der Schliefsung eine ebene Drahtspirale, und zur U-Form zwei solche, an gleichgelegenen Enden verbundene Spiralen, oder eine eigene Vorrichtung, die U-Tafel, auf der ein Draht im Zickzack befestigt war. Die Wirkung dieser Apparate war kräftig und bestimmt, aber sie brachte einige Unklarheit in die Beurtheilung des Mechanismus der Stromänderung. Um diese zu entfernen, fand ich es gera-

1) *Monatsberichte der Akad.* 1851. Pogg. Ann. Bd. 83 S. 309.

then, auf jene Versuche mit einfacheren Apparaten zurückzugehen. Es sind im Folgenden zur Formänderung der Stromschliefsung, freilich auf Kosten der Bequemlichkeit des Versuches, nur ausgebreitete Drähte gebraucht worden, und ich bemerke ausdrücklich, dafs, wenn Drahtspiralen erwähnt werden, diese dem Gegenstande der Untersuchung fremd sind, nur zur Erregung des Stromes dienen und, wenn es mir nicht unnöthig erschienen wäre, auch durch gerade Drähte hätten ersetzt werden können. Es haben sich bei der neuen Anordnung der Versuche die früheren Resultate durchaus bestätigt, dabei aber auch einige Erfahrungen ergeben, die bei der alten Anordnung verborgen blieben, und es gestatten, die Ursache der Stromänderung durch Formänderung der Schliefsung bestimmter und anschaulicher anzugeben, als es bisher geschehen ist.

Der innere Nebenstrom eines Drahtes.

In jedem geraden Drahte, der einen Strom von kurzer Dauer leitet, wird durch diesen Strom ein Nebenstrom erregt, der zur Unterscheidung der *innere Nebenstrom des Drahtes* heifsen mag. Seine Stärke wächst mit der Länge des Drahtes, und er erhält bei constanter Länge seinen gröfsten Werth, wenn der Draht dem Strome gestattet, einen Kreislauf zu vollenden. Faraday entdeckte diesen Strom, indem er ein voltasches Element durch einen ausgebreiteten Kupferdraht von 114 Fufs Länge schlofs, und bei der Oeffnung der Kette einen hellen Funken bemerkte, während bei einer Länge des Drahtes von einem Fufse der Funke kaum sichtbar war (*exp. resear.* 1068). Der innere Nebenstrom war hier deshalb so stark, weil er in einem langen Drahte erregt war und durch die Flüssigkeit des Elements und die schmale Luftschicht, die der glänzende Funke durchbrach, in sich zurücklaufen konnte. Tritt, wie man nach Analogie zu schliefsen berechtigt ist, auch in dem Schliefsungsbogen der leydener Batterie ein innerer Nebenstrom auf, so konnte es nicht auffallen, dafs die Wirkung desselben sehr gering ist. Der Strom kann, des die

Belegungen trennenden Glases wegen, nicht in sich zurücklaufen, und seine Einwirkung auf die Erwärmung wird deshalb, auch bei grofser Länge der Schliefsung, klein bleiben. Dieser Grund der Schwäche des inneren Nebenstromes fällt aber fort, wenn an den Schliefsungsdraht ein Zweigdraht angelegt wird, da alsdann der in jedem Zweige erregte innere Nebenstrom durch den anderen Zweig ablaufen kann. Untersucht man daher die Erwärmung in einem Zweige der Batterieschliefsung, so wird sie, bei einiger Länge eines Zweiges, modificirt, sowohl durch den inneren Nebenstrom des Zweiges, dessen Wärme man prüft, wie durch den Strom des anderen Zweiges, der durch jenen abläuft. Die vielfachen Störungen des Theilungsgesetzes des Entladungsstromes finden hierin ihre Erklärung, und ich habe, um jenes Gesetz experimentell aufzuzeigen, mich nur kurzer Zweige bedient, und diese Beschränkung des Versuches in der angegebenen Weise begründet (Pogg. Ann. Bd. 63 S. 501). Es ist bei der Verzweigung des Schliefsdrahtes der leydener Batterie die Bedingung für die Entstehung eines starken inneren Nebenstromes, die aus einem Versuche Faraday's hervorgeht [1]), so vollständig vorhanden, dafs es eine überraschende, des strengsten Beweises bedürftige Entdeckung wäre, dafs kein innerer Nebenstrom in den Zweigen vorhanden sey. Deshalb schien mir der directe Beweis für das Vorhandenseyn dieses Stromes in den Zweigen überflüssig, und ich habe ihn erst viele Jahre später gegeben, als er sich mir zufällig in schlagender Weise darbot (Monatsber. 1859. 1).

Sehr auffallend läfst sich der innere Nebenstrom mit dem Thermometer an einer Nebenschliefsung der leydener Batterie, also an einem secundären Strome, nachweisen. In die Hauptschliefsung einer Batterie aus drei Flaschen, jede

1) Faraday schlofs eine Volta'sche Kette durch einen ausgestreckten, 132 Fufs langen Draht, an dessen Enden ein kurzer Draht als Zweig angelegt war, in welchem sich eine kleine Lücke befand. Wurde die Kette *geöffnet, so ging in dieser* Lücke ein Funke über, mit dem der *innere Nebenstrom des langen* Zweiges abfloſs.

mit 2,6 Quadratfufs Belegung, wurde eine aus 13 Fufs eines 0,55 Linie dicken Kupferdrahtes gewundene ebene Spirale eingeschaltet, dieser eine gleiche Nebenspirale in $1\frac{1}{2}$ Linien Entfernung gegenüber gestellt und die letztere durch kurze Kupferdrähte, ein elektrisches Thermometer (dessen Platindraht 0,037 Linie dick, $35\frac{7}{12}$ Zoll lang war), und endlich durch einen 2,06 Zoll langen, 0,0554 Linie dicken Platindraht geschlossen. Nachdem sechs Thermometerbeobachtungen gemacht waren, wurde der Platindraht ersetzt durch 203 Fufs Telegraphendraht, der aus Kupferdraht von 0,75 Linie Dicke bestehend, mit Guttapercha umpreſst war. Dieser Draht war theils an den Wänden des Zimmers, theils auf ausgespannten Seidenschnüren hoch über dem Boden in weiten Windungen geführt, so dafs die meisten Theile desselben aufser Wirkung auf einander blieben. Der kurze Platin- und der lange Kupferdraht hatten, wie die Rechnung zeigt, nahe denselben Verzögerungswerth. Defsungeachtet wirkten sie in der Schliefsung des secundären Stromes in so verschiedener Weise, dafs der flüchtigste Blick auf das Thermometer entscheiden konnte, ob der eine oder der andere Draht sich in der Schliefsung befand. Diefs zeigen die folgenden Beobachtungen, bei welchen, zur Messung der Elektricitätsmenge, die Kugeln der Maafsflasche $\frac{1}{2}$ Linie von einander entfernt waren.

I.

Elektricitätsmenge	4	6	8	10	Einh. d. Lad.
Erwärmung b. Platineinsch.	9,9	20,5	35,4		1,74
b. Kupfereinsch.		6,1	10,7	15,2	0,49

Indem statt des Platindrahtes der Kupferdraht zur Einschaltung in die Schliefsung benutzt wurde, ist der Strom nahe im Verhältnisse 32 zu 9 geschwächt worden. Dafs diese grofse Schwächung durch den inneren Nebenstrom bewirkt wurde, läfst sich unzweifelhaft darthun dadurch, dafs sie durch Nebenlegung eines in sich geschlossenen Drahtes zum Theile aufgehoben werden kann. Diefs ist in den folgenden Versuchen geschehen, in welchen, bei Benutzung einer um die Hälfte geringeren Drahtlänge und bei

der Lage derselben auf dem Boden des Zimmers, die Schwächung kleiner war, aber mit Sorgfalt bestimmt wurde.

Zwei Stücke des Telegraphendrahtes von der angegebenen Beschaffenheit, jedes $100\frac{1}{4}$ Fufs lang, wurden mit seidenen Bändern an einander gebunden, und an den Wänden und auf dem Fufsboden des Zimmers herumgelegt, so dafs ihre vier Enden an der Schliefsung des secundären Stromes zu liegen kamen. Diese Schliefsung wurde zuerst durch 1 Zoll des 0,0554 Linie dicken Platindrahtes vollzogen, dann durch den Kupferdraht von $100\frac{1}{4}$ Fufs Länge, und die Erwärmung beobachtet; zuletzt wurde die zweite Beobachtung wiederholt, während die Enden des zweiten Stückes Kupferdraht mit einander verbunden waren.

II.

	Schliefsung durch					
Elektricitäts-menge	Platindraht	Kupferdraht		denselben bei geschlossenem Nebendraht		
	Erwärmung					
6	22,5	12,6	12,4	17,8	17,8	
8	38,5	22,1	22,8	30,0	30,8	
10	63,3	34,2	34,2	48,3	48,1	
Einh. d. Lad.	1,86	1,04		1,45		
Verhältnifs	9	5		7		

Durch Vertauschung des Platindrahtes mit dem ihm gleichwerthigen Kupferdrahte wurde der Strom von 9 zu 5 geschwächt und der geschwächte Strom durch Schliefsung des neben dem Kupferdrahte liegenden Drahtes wiederum zu 7 gestärkt. Dafs er seinen ersten Werth 9 nicht erreichte, also die Wirkung des inneren Nebenstromes durch den Nebendraht nicht gänzlich aufgehoben wurde, kann nicht auffallen, da der Nebendraht von dem Drahte, dessen Wärme untersucht wurde, an den günstigsten Stellen $1\frac{1}{2}$ Linie (die doppelte Dicke der Guttaperchahülle) und sonst noch weiter entfernt lag. Es läfst sich hier nachweisen, was für sich klar ist und ich früher auf andere Weise gezeigt habe, dafs die den erregenden Strom stärkende Wirkung des Nebendrahtes durch einen, in diesem Drahte erregten Nebenstrom *ausgeführt* wird. Als bei der Einschal-

tung des langen Kupferdrahtes die Enden des Nebendrahtes nicht mit einander verbunden, sondern nur einander bis etwa 0,1 Linie genähert waren, gab die Elektricitätsmenge 10 eine Erwärmung von 46,2 und 46,8, also nicht viel geringer, als bei vollkommenem Schlusse des Nebendrahtes, wo sie 48,2 betrug. Zugleich aber erschien in der Lücke des Nebendrahtes ein glänzender Funke, als Zeichen des kräftigen im Nebendrahte erregten Stromes.

Die Verzögerung, die ein Strom kurzer Dauer in einem geraden Drahte durch den inneren Nebenstrom erfährt, dauert fort, wenn durch Biegung zwei entfernte Theile des Drahtes einander nahe gebracht werden. Dieſs zeigt sehr auffallend ein Versuch des folgenden Abschnittes. Würde aber auch jene Verzögerung durch die Biegung verringert werden, weil bei der Erregung des inneren Nebenstromes in einem Stücke des Drahtes ihm ein anderes Stück desselben Drahtes nahe liegt, so könnte dieſs eine nach der Art der Biegung verschiedene Aenderung des Stromes nicht zur Folge haben. Da nämlich nur die Wirkung in Betracht kommen kann, welche der Nebenstrom auf den erregenden Strom äuſsert, der mit ihm in demselben Drahtstücke zusammentrifft, die Stärke und Richtung des Nebenstroms aber gegen den ihn erregenden Strom an jeder Stelle dieselbe bleibt, der Draht mag durch die Biegung die N- oder U-Form erhalten haben, so kann der innere Nebenstrom allein nicht die Ursache der verschiedenen Aenderung eines Stromes nach der Form seiner Schlieſsung seyn.

Der äuſsere Nebenstrom eines Drahtes.

Wenn der Leitdraht eines Stromes kurzer Dauer so gebogen wird, daſs zwei Stücke desselben einander nahe kommen, so inducirt jedes Stück in dem anderen Stücke einen Nebenstrom, den wir den *äuſseren Nebenstrom des Drahtes* nennen wollen. Dieser inducirte Strom ist desto stärker, je länger die auf einander einwirkenden Drahtstücke sind, je mehr sie einander parallel liegen und je kleiner der sie *trennende* Zwischenraum ist. Während also der innere Ne-

benstrom bei einem Drahte jeder Form auftritt, kommt der äufsere Nebenstrom nur in einem Drahte zu Stande, der so gelegt ist, dafs zwei entfernte Theile desselben auf einander wirken.

Der äufsere Nebenstrom verbreitet sich von jeder Stelle, an der er erregt wurde, durch den ganzen Leitungsdraht und vollendet, wenn dieser geschlossen ist, einen Kreislauf. Der Strom übt also in jedem Drahtstücke eine Wirkung aus auf das diesem parallele Drahtstück und zweitens auf den Strom, der mit ihm an derselben Stelle zusammentrift. Die Fernwirkung ist nicht nur viel schwächer als die zweite Wirkung, sondern sie bleibt auch bei einer Formänderung des Schliefsungsdrahtes dieselbe, so dafs wir sie nicht weiter zu beachten brauchen. Die Richtung des äufseren Nebenstromes gegen den ihn erregenden Strom, mit dem er an derselben Stelle des Drahtes zusammentrift, ist von der Biegung des Drahtes abhängig. Wenn er bei der N-Form des Drahtes dem erregenden Strome gleichlaufend begegnet, so fliefst er ihm bei der U-Form entgegen. Es wird also der äufsere Nebenstrom merklich werden können in den Aenderungen, welche ein Strom irgend einer Ordnung dadurch erfährt, dafs sein Leitungsdraht in verschiedene Formen gelegt wird. Wie dieſs früher am Hauptstrome und den Strömen zweiter bis fünfter Ordnung mit Hülfe zusammengesetzter Vorrichtungen gezeigt wurde, läfst es sich mit geraden Drähten an jedem Strome höherer Ordnung sehr auffallend nachweisen.

Es wurde, wie bereits oben geschehen ist, ein secundärer Strom durch zwei 13 Fufs lange Kupferspiralen erregt. Die Schliefsung des Stromes wurde durch die beiden an einander gebundenen Telegraphendrähte bewirkt (jeder $100\frac{1}{4}$ Fufs lang), so dafs der Strom beide Drähte durchlaufen mufste. Hierzu wurde ein kurzer Verbindungsdraht (Telegraphendraht 2′ 8″ lang) benutzt, der von den 4 Enden des Doppeldrahts zwei, entweder entgegengesetzt oder gleich gelegene Enden *mit* einander verband und so die *N- oder die U-Form* des Doppeldrahts herstellte. Ein

empfindliches Thermometer gab bei verschiedener Ladung von 3 Flaschen die folgenden Erwärmungen an.

III.

Elektricitätsmenge		6	8	10	12	Einh. d. Lad.
			Erwärmung			
Schliefsung	N-Form		5,2	8,4	11,3	0,24
	U-Form	16	27	42		1,29

Indem der Doppeldraht zuerst mit entgegengesetzt, dann mit gleich gelegenen Enden in die Schliefsung eingeschaltet wurde, ist der Strom im Verhältnisse 3 zu 16 verändert, sein Werth auf das Fünffache gebracht worden. Dafs mit der Erwärmung auch die mechanische Wirkung des Stromes eine aufserordentliche Vergröfserung erfuhr, wird unten gezeigt werden.

Rührte die Schwächung des Stroms bei der N-Form von einem in der Schliefsung erregten Nebenstrome her, so mufste sie beseitigt werden durch Nahelegung eines gut leitenden geschlossenen Drahtes an den Doppeldraht. Es war an dem Doppeldrahte ein mit Guttapercha bekleideter $100\frac{1}{4}$ Fufs langer $\frac{5}{7}$ Lin. dicker Kupferdraht festgebunden, der hier als Nebendraht bezeichnet werden soll, und dessen Enden bisher frei lagen. Diese Enden wurden mit einander verbunden und der Strom geprüft bei N-Form des Doppeldrahtes. Ich füge den Beobachtungen die oben bei ungeschlossenem Nebendrahte erhaltenen Werthe bei. Die Beobachtungen bei Einschaltung des 203 Fufs langen auf Seidenschnüren ausgebreiteten Telegraphendrahtes lassen beurtheilen, welche Wirkung der geschlossene Nebendraht auf den durch die N-Form geschwächten Strom hatte.

IV.

Elektricitäts-menge	Schliefsung durch einfachen Draht 203 Fufs	Doppeldraht 203 Fufs N-Form	Doppeldraht 203 Fufs N mit Nebendraht
		Erwärmung	
8	10,3	5,2	14,8
10	15,6	8,4	22,2
12	21,6	11,3	31,7
Einh. d. Lad.	0,47	0,24	0,87

Hier tritt die merkwürdige Erfahrung auf, dafs der Strom bei N-Form und geschlossenem Nebendrahte nicht nur stärker ist als bei N-Form ohne Nebendraht, sondern noch merklich stärker als bei Einschaltung des einfachen ausgebreiteten Drahtes, und alle spätern Versuche gaben Dasselbe. Der geschlossene Nebendraht hebt nicht nur die Schwächung des Stromes auf, welche durch die N-Form bewirkt wird, sondern seine Wirkung geht, bei günstiger Lage, darüber hinaus.

Als der geschlossene Nebendraht benutzt wurde, während der Doppeldraht in U-Form lag, gaben dieselben Ladungen, welche oben die Erwärmungen 16 27 42 geliefert hatten, die Werthe 15 26 41. Der Strom war also durch den geschlossenen Nebendraht in geringem Maafse geschwächt worden. Es ist darauf kein Gewicht zu legen, weil die Schwächung offenbar zufällig war und daher rührte, dafs der Nebendraht nicht an allen Stellen eine gleiche Lage und Entfernung von jedem Strange des Doppeldrahts hatte. Der Nebendraht wirkt durch den in ihm erregten Nebenstrom, und wenn er eine durchgängig gleiche Lage gegen die beiden Schenkel des U bewahrt, so kann in ihm kein Strom erregt werden, weil der Draht die Induction von zwei entgegengesetzt gerichteten Strömen zugleich erfährt.

Während also ein geschlossener Nebendraht auf einen elektrischen Strom, der in einem N-förmigen Drahte fliefst, so kräftig einwirkt, dafs er diesen Strom stärker macht, als er in dem gerade ausgestreckten Drahte seyn würde, bleibt der Nebendraht auf einen im U-förmigen Drahte fliefsenden Strom gänzlich wirkungslos. Die zweite Thatsache, zwar nicht im Geringsten auffallend, ist zu merken, damit der gebräuchliche Ausdruck, ein Nebenstrom werde auf einen geschlossenen Nebendraht übertragen, richtig aufgefafst werde. Die Verstärkung, die der beobachtete Strom durch die U-Form erfährt, ist Folge eines in seinem Leitdrahte erregten Nebenstromes, und dieser Strom bleibt *ungeändert, wenn auch* ein geschlossener Draht ihm nahe

liegt. Die Aenderung des Nebenstromes könnte nur durch einen neuen, im Nebendrahte erregten, Nebenstrom geschehen und findet daher nicht statt, wenn diese Erregung ausbleibt.

Die Gröfse der Stromänderung durch Aenderung der Schliefsungsform hängt hauptsächlich ab von der Länge des Theils der Schliefsung, der die Formänderung erfährt im Verhältnisse zu der ganzen Länge der Schliefsung. Geringeren Einflufs äufsern Material und Dicke der Schliefsung, wie die folgenden Versuche lehren. Die bisher gebrauchte Spirale aus 13 Fufs eines 0,55 Linie dicken Kupferdrahtes bestehend, wurde aus der secundären Schliefsung entfernt und durch eine gleichfalls 13 Fufs lange Spirale ersetzt, die aus Platindraht von 0,076 Lin. Dicke bestand. Diese Spirale wurde der Hauptspirale, durch welche der Batteriestrom ging, möglichst nahe gestellt, um den erregten Strom stark zu erhalten. Die übrigen Theile der secundären Schliefsung waren die früher gebrauchten, es wurden darin die folgenden Erwärmungen beobachtet.

V.

Schliefsung durch

Elektricitäts-menge	einfachen Draht 203 Fufs	Doppeldraht 203 Fufs N-Form	N mit Nebendraht	U-Form	U mit Nebendraht
	Erwärmung				
8	9,3	5,0	12,4	20,0	20,8
10	14,3	7,0	19,1	31,2	30,7
12	20,7	10,6	28,6	44	43.5
Einh. d. Lad.	0,43	0,22	0,58	0,93	0,93
Verhältnifs	100	51	135	216	216

Die Schwächung des Stromes durch die N-Form ist hier eben so grofs, wie früher, aber die Verstärkung durch die U-Form ist geringer, so dafs das Verhältnifs vom schwächsten zum stärksten Strome hier nur 4 zu 17 beträgt, während es früher 3 zu 16 war. Auch hier ist die merkwürdige Erscheinung deutlich, dafs der Strom bei N-Form *seiner Schliefsung* und einem naheliegenden geschlossenen

Drahte stärker ist, als bei ausgestreckter Schliefsung ohne Nebendraht.

Als der Schliefsungsbogen des Stromes verlängert wurde, sein der Aenderung unterworfener Theil aber der früher gebrauchte war, erfolgten geringere aber nicht weniger deutliche Aenderungen des Stromes. Die Spirale, in welcher der Strom erregt wurde und die bisher aus 13 Fufs Draht bestand, wurde durch eine Spirale ersetzt, die aus 53 Fufs eines $\frac{2}{3}$ Linie dicken Kupferdrahtes gewunden war. Eine gleiche Spirale kam in die Hauptschliefsung und wurde von jener 2 Linien entfernt. Bei den verschiedenen Formen des, in der Schliefsung des secundären Stromes befindlichen, Kupferdrahtes von 203 Fufs Länge erhielt der Strom die folgenden Werthe.

VI.

	Schliefsung durch				
	einfachen Draht	den Doppeldraht			
		N-Form	N mit Nebendr.	U-Form	U mit Nebendr.
Stromverhältnifs	100	83	104	129	130

Das Verhältnifs des schwächsten Stromes zum stärksten war hier nur 9 zu 14. Da aber der Strom, in der grofsen Spirale erregt, viel stärker als früher war, so konnte hier der Versuch, die Aenderung des Stromes ohne Thermometer aufzuzeigen, mit mäfsigen Batterieladungen ausgeführt werden. In der Schliefsung wurde ein Eisendraht, 0,053 Lin. dick 1 Zoll lang, angebracht und der Doppeldraht in N-Form gebraucht. Die Elektricitätsmenge 48, aus 5 Batterieflaschen entladen, lieferte einen Strom, der den Eisendraht dunkel und unverletzt liefs. Als aber der Doppeldraht durch Umlegen des Verbindungsdrahtes seiner Enden die U-Form erhielt, brachte der durch eine geringere Elektricitätsmenge 46 erregte Strom den Eisendraht in helles Glühen und zerstörte ihn gänzlich.

Will man sich mit dem Eindrucke auf das Auge begnügen, so ist die Stromänderung noch einfacher nachzuweisen. Es wurde mit Hülfe der Spiralen von 13 Fufs Drahtlänge *ein Strom erregt* durch die in 3 Flaschen ge-

sammelte Elektricitätsmenge 6. In der Schliefsung des secundären Stromes, welche den 203 Fufs langen Doppeldraht enthielt, war eine Lücke von 0,1 Linie angebracht. Der Funke beim Uebergange des Stromes durch diese Lücke war lichtschwach, wenn der Doppeldraht in N-Form lag, hingegen glänzend, wenn er die U-Form erhalten hatte.

Es ist noch ein Versuch anzuführen, um eine Folgerung aus den frühern Versuchen direct aufzuzeigen. Bei Einschaltung eines gegebenen Drahtes in die Bahn eines Stromes erhält man zwar den Strom am stärksten, wenn der Draht in die U-Form gelegt wird, aber sein Werth bleibt stets kleiner als er durch einen geraden Draht, selbst von gröfserem Verzögerungswerthe, erhalten wird, wenn die Länge des letztern gegen die des gegebenen Drahtes hinlänglich klein genommen wird. Es wurde ein Strom mit den beiden Kupferspiralen von 13 Fufs Drahtlänge erregt, in seine Schliefsung der doppelte Kupferdraht in beiden Formen, und zuletzt ein Platindraht 0,0554 Lin. dick, 5,79 Zoll lang eingeschaltet.

VII.

Elektricitäts-menge in 3 Flaschen	Schliefsung durch Kupferdraht N-Form	in U-Form	Platindraht
	Erwärmung		
6	3,0	16,3	20,3
8	5,4	28,1	36,1
10	8,7	43,0	55,8
Einheit d. Lad.	0,25	1,32	1,69

Die Werthe des Stromes bei Einschaltung des 203 Fufs langen Kupferdrahtes in N- und U-Form verhielten sich wie 7 zu 37, also nahe wie in Versuch III bei derselben Anordnung des Apparates, wo dieſs Verhältniſs 3 zu 16 betrug. Aber der gröfste Werth des Stromes war noch bedeutend kleiner als er erhalten wurde, wenn statt des Kupferdrahtes der Platindraht in die Schliefsung gebracht war, obgleich letzterer mit 570 Fufs Kupferdraht gleichwerthig war. Es rührt dieſs, wie sich zeigen wird, daher, daſs *die Länge* des Platindrahtes, von weniger als 6 Zollen, ge-

gen die Länge des Kupferdrahtes sehr klein, und deshalb sein innerer Nebenstrom geringer war, als der im Kupferdrahte bei der U-Form zurückgebliebene Nebenstrom.

Ursache der Abhängigkeit des Stromes von der Form seiner Schliefsung.

Alle früher von mir veröffentlichten, wie die hier mitgetheilten Versuche über die Stärke eines Stromes bei verschiedener Form seiner Schliefsung, haben dasselbe Resultat gegeben, das sich für den empirischen Bedarf sehr einfach aussprechen läfst. Wenn zwei Theile des Leiters eines Stromes von kurzer Dauer nahe an einander gelegt werden, so ist der Strom schwächer, als bei gerade ausgestrecktem Leiter, im Fall er in beiden Theilen mit gleicher Richtung, und stärker, wenn er darin mit entgegengesetzter Richtung fliefst. Ein dem Leiter naheliegender in sich geschlossener Drath ändert, nach Maafsgabe seiner Schliefsung, den Strom im Leiter, im Falle dafs im Nebendrathe selbst eine Elektricitätsbewegung stattfindet. Ist eine solche Bewegung nicht vorhanden, so bleibt der Nebendraht wirkungslos.

Die Ursache dieser, ihrer Gröfse nach, sehr verwickelten Aenderungen eines Stromes war durch Versuche gegeben, die bei ihrer Auffindung bereits vorlagen. Faraday hatte entdeckt, dafs bei Unterbrechung eines voltaschen Stromes im Stromleiter ein neuer Strom auftritt, der inducirte Strom oder Nebenstrom, und hatte eine Wirkung desselben untersucht, den Glanz des Funkens, mit dem er übergeht. Es hatte sich ergeben, dafs diese Wirkung am stärksten ist, wenn der Leitungsdraht schraubenförmig aufgewunden, schwächer, wenn der Draht gerade ausgestreckt ist, und dafs sie ausbleibt, wenn er in der Mitte umgebogen, also in U-Form gelegt wird (*exp. resear.* 1096). Die Erwärmung durch einen Strom der leydener Batterie zeigt genau das entgegengesetzte Verhalten: die schwächste Erwärmung im Schliefsungsdrahte wenn er in N-Form gelegt, *eine stärkere wenn er gerade* ausgestreckt war, die stärkste

wenn er die U-Form erhalten hat. Dieser Widerspruch löst sich leicht. Während in Faradays Versuchen nur die Wirkung des erregten Nebenstromes beobachtet wird, tritt in den Versuchen an der leydener Batterie die Wirkung des erregten zu der des erregenden Stromes hinzu. Nun ist es durch Versuche erwiesen, dafs ein Nebenstrom von bestimmter Richtung den erregenden Strom in seinem Gange aufzuhalten, die durch diesen bewirkte Erwärmung zu vermindern vermag, und es war nur die Annahme zu machen, dafs ein Nebenstrom von der entgegengesetzten Richtung den erregenden Strom beschleunigt, um die Aenderung eines Stromes durch die Formänderung seiner Schliefsung mit den früheren Erfahrungen in Einklang zu bringen. Bei dieser Erklärung war von den beiden Theilen des Nebenstromes, der mit dem erregenden Strome in demselben Drahte fliefst, nur der Theil in Betracht gezogen worden, der durch die Biegung des Drahtes eine veränderte Richtung erhält, und es war dadurch die Art, wie er die Beschleunigung im U-Drahte bewirkt, unklar geblieben. Wenn auch der andere, bisher vernachlässigte Theil des Nebenstromes bei der Ableitung der Erscheinung hinzugezogen wird, so ergiebt sich die Beschleunigung des Stromes durch die U-Form als eine nothwendige Folge der Verzögerung, die er in einem gerade ausgestreckten Drahte erfährt, und man gelangt zu folgender einfachen Erklärung der hier betrachteten Erscheinungen.

Es ist gezeigt worden, dafs in einem ausgestreckten Leiter, durch den man einen elektrischen Strom hindurchgehen läfst, ein *innerer* Nebenstrom erregt wird, der den Gang des Stromes verzögert, und zwar um so mehr verzögert, je stärker der Nebenstrom ist. Der erregende Strom besteht also im Leiter eine längere Zeit, als er bestehen würde, wenn der Nebenstrom fehlte. Können wir den inneren Nebenstrom schwächen, so wird der erregende Strom schneller fliefsen, und langsamer, wenn wir ihn verstärken können. Nur der erste Fall ist ausführbar, wenn der Strom*leiter gerade* ausgestreckt bleiben soll. Ein vollkommen

geschlossener Draht dem Leiter nahe gelegt, schwächt den inneren Nebenstrom, und damit wird der Strom im Leiter verstärkt. Darf hingegen der Leiter umgebogen werden, so lassen sich, ohne Anwendung des Nebendrahtes, beide Fälle ausführen. Da nämlich jeder Theil des Leiters in einem ihm nahetretenden Theile desselben Leiters einen *äufseren* Nebenstrom erregt, so kann durch die Biegung des Leiters bewirkt werden, dafs dieser äufsere Nebenstrom dem inneren Nebenstrom an jeder Stelle des Leiters entweder mit gleicher oder mit entgegengesetzter Richtung begegnet. Trifft der äufsere Nebenstrom den inneren mit gleicher Richtung, so fügt er sich ihm hinzu; trifft er ihn mit entgegengesetzter, so hebt er ihn theilweise auf, weil zwei Ströme derselben Ordnung mit entgegengesetzter Richtung nicht in demselben Stücke eines Leiters sich bewegen können. Die Aufhebung des innern Nebenstromes ist eine nur theilweise, weil der äufsere Nebenstrom, aus gröfserer Entfernung erregt, stets schwächer ist, als der innere Nebenstrom. Man sieht nun sogleich, dafs in einem N-förmigen Drahte der äufsere Nebenstrom den inneren mit gleicher Richtung trifft, aber mit entgegengesetzter in einem U-förmigen. Es wird also ein Strom, der in einem N-förmigen Drahte fliefst, schwächer, der in einem U-förmigen fliefst, stärker seyn müssen, als in dem gerade ausgestreckten Drahte, und diese Aenderungen des Stromes folgen unmittelbar aus den zwei Sätzen: ein Nebenstrom, der mit dem ihn erregenden Strome in demselben Drahte fliefst, verzögert den Gang dieses Stromes; und: zwei Nebenströme in demselben Drahte wirken auf den erregenden Strom mit ihrer Summe oder mit ihrer Differenz, je nachdem sie eine gleiche oder eine entgegengesetzte Richtung verfolgen.

Diese Ableitung der Erscheinungen wird durch die Versuche kräftig unterstützt. Nach der gegebenen Vorstellung sind in einem N-förmigen Leiter aufser dem erregenden Strome zwei Nebenströme, von welchen der stärkere, der innere Nebenstrom, schon in dem Leiter vorhanden war, *als er gerade ausgestreckt* war. Legt man einen geschlos-

senen Draht dem N-förmigen Leiter nahe, so müssen beide Nebenströme geschwächt werden, und der erregende Strom, der durch die N-Form geschwächt war, wieder stärker erscheinen. Dieſs wurde in meinen früheren Versuchen gezeigt, in welchen zur Schwächung des Stromes die Spiralform des Leiters gebraucht war; aber der günstigste Fall bestand darin, daſs der geschwächte Strom durch den geschlossenen Nebendraht beinahe auf die Stärke gebracht wurde, die er vor der Schwächung besessen hatte. So betrug der Werth des Stromes 100 bei geradem Schlieſsungsdrahte, 74 als dieser zu einer cylindrischen Spirale gewunden war und wurde durch die Näherung einer zweiten Spirale auf 98 gehoben (Pogg. Ann. Bd. 83 S. 332). In der vorliegenden Abhandlung geht, was nicht vorauszusehen war, die Wirkung des Nebendrahtes viel weiter. So war z. B. im Versuche IV der Werth des Stromes bei ausgebreitetem Drahte 100, bei N-förmigem 51, und durch den geschlossenen Nebendraht wurde der letzte Werth auf 143 gebracht. Es geschah dieſs durch die sehr günstige Lage des Nebendrahtes dicht an den Schenkeln des N-Drahtes. Der Nebendraht hatte nicht nur die Wirkung des äuſseren Nebenstromes aufgehoben, der die Schwächung des Stromes durch die N-Form bewirkte, sondern ferner einen Theil des inneren Nebenstromes unwirksam gemacht, dem die Schwächung des Stromes im geraden Drahte zuzuschreiben ist.

In einem U-förmigen Drahte wird an jeder Stelle ein Theil des inneren Nebenstromes durch den äuſseren aufgehoben, und dadurch die Verstärkung des erregenden Stromes bewirkt. Ein geschlossener Draht in gleicher Lage und Entfernung von beiden Schenkeln des U hat keine Wirkung, weil in ihm nachweislich keine Elektricitätsbewegung statt hat. Liegt der Draht dem einen Schenkel näher als dem anderen, so führt er einen, wenn auch sehr schwachen Strom, und seine Wirkung kann entweder den einen oder den entgegengesetzten Erfolg haben. Nach dem *allgemeinen* Satze nämlich, daſs die Induction in einem Lei-

ter geschwächt wird durch die Nähe eines geschlossenen Drahtes, mufs in den Schenkeln des U der innere und äufsere Nebenstrom geschwächt werden, der innere aber weniger als der äufsere. Von dem Verhältnisse beider Ströme zu einander, wie von dem Werthe ihrer Schwächung hängt es ab, ob die Differenz beider Ströme kleiner oder gröfser ist, als sie vor Anlegung des Nebendrahtes war. Im ersten Falle würde der Nebendraht den erregenden Strom im U-Drahte stärken, im zweiten schwächen. In der That sind in meinen Versuchen beide Aenderungen des Stromes vorgekommen, sie waren aber stets so unbedeutend, dafs ich kein Gewicht auf sie gelegt und es nicht der Mühe werth gehalten habe, ihren Betrag aus einer gröfseren Zahl von Beobachtungen genau zu ermitteln.

Eine fernere Bestätigung der gegebenen Erklärung liegt in Folgendem. Gleichwerthig werden zwei Drähte genannt, die einzeln zum Schliefsungsbogen einer Leydener Batterie hinzugesetzt, die Erwärmung ungeändert lassen, die der Entladungsstrom an einer constanten Stelle des Bogens hervorbringt. Bei freier Verfügung über Metall und Dicke der Drähte lassen sich ihre Längen beliebig verschieden machen. Setzt man zwei solche Drähte zum Schliefsungsbogen eines secundären Stromes hinzu, so giebt, bei genügendem Unterschiede der Längen beider Drähte, nicht nur der kürzere Draht einen stärkeren Strom als der lange, sondern dieſs ist noch der Fall, wenn der lange Draht in U-Form gelegt, der Strom darin also zu seiner gröfsten Stärke gebracht worden ist. Es folgt dieſs daraus, dafs der innere Nebenstrom im langen Drahte durch den äufseren Nebenstrom niemals ganz aufgehoben werden kann, und man dem inneren Nebenstrom im kurzen Drahte durch Beschränkung seiner Länge immer einen kleineren Werth zu geben vermag, als der zurückbleibende Theil des Nebenstromes im langen Drahte besitzt. Hiervon ist in Versuch VII ein schlagendes Beispiel gegeben worden, indem der weniger als 6 Zoll lange Platindraht einen merklich stärkeren Strom gab, als der 203 Fufs lange in U-Form gelegte

Kupferdraht, obgleich der Platindraht nach der Rechnung mehr als den doppelten Verzögerungswerth des Kupferdrahtes besafs.

Der Grund der Aenderung eines Stromes durch Formänderung seiner Schliefsung läfst sich mit wenig Worten anschaulich machen. In einem Drahte, er sey gestaltet wie er wolle, wird ein Strom kurzer Dauer in seinem Gange aufgehalten durch einen Nebenstrom, den jener in der Masse des Drahtes erregt. Der Nebenstrom und damit die Verzögerung des erregenden Stromes ist am stärksten, wenn der Draht die N-Form hat, wo der Nebenstrom aus zwei Theilen besteht, die zusammenwirken, schwächer, wenn er gerade ausgestreckt ist, weil dann nur der eine Theil des Nebenstromes vorhanden ist, und am schwächsten, wenn er in U-Form gelegt worden, wo die beiden Theile des Nebenstromes einander entgegenwirken.

So einfach hier die Rückwirkung des Nebenstromes auf den ihn erregenden Strom auftritt, indem mit der Stärke des in dem Stromleiter selbst erregten Nebenstromes auch die Verzögerung des erregenden Stromes zunimmt, so verwickelt wird sie, wenn ein zweiter Nebenstrom in einem neben dem Leiter liegenden Drahte erregt wird. Ich habe früher in vielen Beispielen die merkwürdige Thatsache aufgezeigt, dafs der durch seine Leitung geschwächte Nebenstrom eine gröfsere Verzögerung hervorbringt, als der ungeschwächte, und bei zunehmender Verlängerung des Nebendrahtes die Wirkung auf den erregenden Strom ein Maximum erreicht, so dafs man stets zwei verschiedene Längen des Nebendrahtes durch den Versuch finden kann, bei welchen der erregende Strom denselben Werth erhält.

IV. *Verhalten eines homogenen isotropen Ellipsoïdes im homogenen magnetischen Felde und Ableitung der magnetischen Inductions-Constanten aus demselben;*

von Dr. Ad. Dronke,
Rector der höheren Bürgerschule zu Grevenbroich, Reg.-Bez. Düsseldorf.

Denkt man sich im Raume irgend eine magnetische oder elektrische Masse, so sind die Niveauflächen bekanntlich stets in sich geschlossene Flächen, bei gehörig grofser Entfernung von dieser Masse kann man für kleinere Theile diese Flächen als unter sich parallele Ebenen ansehen und demgemäfs bilden alsdann die auf denselben senkrecht stehenden Kraftlinien ein Bündel paralleler gerader Linien. Einen solchen Raum nennt man ein homogenes magnetisches oder elektrisches Feld. Ueber das Verhalten eines Ellipsoïdes in demselben hat bereits Poisson Formeln aufgestellt, welche später Hr. Prof. Beer [1]) auf eine ebenso einfache wie elegante Weise abgeleitet hat. Hr. Prof. Plücker [2]) hat in dem Aufsatze: »*on the magnetic induction of crystales*« Versuche veröffentlicht, welche auf eine höchst scharfsinnige Weise die gegebenen Formeln bestätigen. Unter seiner Anleitung wurden auf dem physikalischen Kabinete in Bonn die Versuche wiederholt und die daraus folgenden Ergebnisse sollen in den folgenden Zeilen angegeben werden, nachdem vorher die nöthigen Formeln abgeleitet worden sind.

In einem homogenen magnetischen Felde möge sich ein Ellipsoïd, welches aus einer homogenen isotropen Masse gefertigt ist, befinden. Die Gleichung der Oberfläche desselben sey:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1.$$

1) Pogg. Ann. XCIV.
2) *Phil. Trans. of the roy. soc.* 1858.

Zur Vereinfachung wollen wir zunächst annehmen die inducirenden Massen seyen elektrische, also das homogene Feld sey ein elektrisches. Die Massen, welche eine Induction auf dem Ellipsoïde veranlassen, seyen Q und ihre Entfernung vom Mittelpunkte des Ellipsoïdes, der zugleich Coordinatenanfangspunkt für ein rechtwinkliches Coordinaten-System sey, betrage R und diese Verbindungslinie der Massen mit dem Anfangspunkte bilde mit dem 3 Axen die entsprechenden Winkel α, β und γ. Ferner sey t die jedesmalige Entfernung eines Punktes des Ellipsoïdes von Q, alsdann ist das Potential der Masse Q für jeden einzelnen Punkt der Oberfläche des Ellipsoïdes

$$V = \frac{Q}{t}.$$

Bezeichnet man aber mit r den Radiusvector der einzelnen Punkte des Ellipsoïdes und durch δ den von R und r eingeschlossenen Winkel, so ist auch

$$V = \frac{Q}{[R^2 + r^2 - 2Rr\cos\delta]^{\frac{1}{2}}}.$$

Entwickelt man nun diesen Ausdruck vermittelst der Kugel-Functionen $P(\cos\delta)$ nach steigenden Potenzen von r, so erhält man:

$$V = \frac{Q}{R}\left[P_0(\cos\delta) + P_1(\cos\delta)\frac{r}{R} + P_2(\cos\delta)\frac{r^2}{R^2} + \ldots\right].$$

Wir haben aber angenommen, dafs sich das Ellipsoïd in einem homogenen elektrischen Felde befinde, d. h. es mufs R sehr grofs seyn und wir brauchen daher von der Entwickelung von V nur das erste veränderliche Glied zu beachten, wir haben also:

$$V = \frac{Q}{R}\left[P_0(\cos\delta) + P_1(\cos\delta)\frac{r}{R}\right].$$

Es ist nun aber bekanntlich

$$P_0(\cos\delta = 1 \text{ und } P_1(\cos\delta) = \cos\delta.$$

Berücksichtigt man nur das variable Glied von V, durch *welches* auch nur eine Scheidung der Elektricität auf dem

Ellipsoïde hervorgebracht wird, und bezeichnet man noch den Quotienten $Q : R^2$ mit S, so haben wir als Potential

$$V = S r \cos \delta.$$

Drücken wir nun die Gröfse $r \cos \delta$ durch die Punkt-Coordinaten x, y, z und die Winkel α, β, γ zwischen R und den drei Axen aus, so erhält man:

$$V = S [x \cos \alpha + y \cos \beta + z \cos \gamma].$$

Diese Gleichung zeigt uns unmittelbar, dafs in Wirklichkeit, wie wir auch zu Anfang vorausgesetzt haben, die Niveauflächen parallele Ebenen sind, zu denen die Kraftlinien als ein Bündel darauf senkrechter, also ebenfalls untereinander paralleler Graden gehören.

Es besteht nun die Potentialfunction V aus drei Summanden, von denen jeder einzelne der einen Coordinate des Punktes proportional ist. Es wird sich also auch die inducirte Dichtigkeit aus drei symmetrisch gebauten Ausdrücken zusammensetzen. Nehmen wir daher zunächst den einfachsten Fall; es sey uns die Potentialfunction

$$U = x$$

gegeben. Auf dem Ellipsoïde wird alsdann eine Schicht Elektricität inducirt werden, deren Dichte wir mit ϱ, bezeichnen wollen, und deren Potential U' einen solchen Werth annehmen mufs, dafs das Gesammtpotential aller Massen V im Inneren des Ellipsoïdes und folglich auch, wegen der Stetigkeit, auf der Oberfläche einen constanten Werth, den wir C nennen wollen, ergeben mufs; es ist also:

$$U' = C - x.$$

Bezeichnet man nun mit A den Werth des Potentials, welches von der im Endpunkte der x Axe des Ellipsoïdes concentrirten elektrischen Masse Eins in Bezug auf die gleiche Masse Eins, mit welcher die Oberfläche des Ellipsoïdes gleichförmig belegt ist, herrührt, so mufs nach den gemachten Bemerkungen offenbar für den Endpunkt der x Axe die Beziehung stattfinden:

$$-A\varrho_a = +a,$$

wo a die Länge der Halbaxe bedeutet. Ist nun α der von der Normale des einzelnen Punktes mit der x Axe gebildete Winkel, so hat man unmittelbar

$$\varrho_a = -\frac{a}{A}\cos\alpha.$$

Dieser Ausdruck ist aber proportional der Entfernung des Punktes von dem entsprechenden Punkte eines zweiten Ellipsoïdes, welches man erhält, wenn man das erstere um eine verschwindend kleine Gröfse in der Richtung der Abscissenaxe verschiebt.

Auf dieselbe Weise erhält man durch das Potential

$$V = y$$

auf dem Ellipsoïde eine elektrische Schicht, deren Dichte ϱ_b sich durch die Gleichung bestimmt

$$\varrho_b = -\frac{b}{B}\cos\beta,$$

wo B und β die den Gröfsen A und α analogen Gröfsen, bezogen auf die y-Axe, bedeuten. Endlich erhält man aus dem Potentiale

$$V = z$$

eine dritte elektrische Schicht, deren Dichte, wenn C und γ wiederum die A und α analogen, auf die z-Axe bezogenen Gröfsen bedeuten, sich darstellt durch:

$$\varrho_c = -\frac{c}{C}\cdot\cos\gamma.$$

Somit wird durch das Gesammtpotential

$$V = S[x\cos\alpha + y\cos\beta + z\cos\gamma]$$

eine elektrische Masse inducirt, deren Dichte durch die Gleichung bestimmt wird:

$$\varrho = -S\left[\frac{a\cos\alpha\cos\alpha}{A} + \frac{b\cos\beta\cos\beta}{B} + \frac{c\cos\gamma\cos\gamma}{C}\right].$$

Bestimmen wir nun zunächst die Constanten A, B und C. *Dieselben sind* bekanntlich durch die Gleichungen gegeben:

$$\frac{A}{a} = 4\pi \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\cos\theta^2 \sin\theta \, d\theta}{\sqrt{(\cos\theta^2 + \frac{a^2}{b^2}\sin\theta^2)\,(\cos\theta^2 + \frac{a^2}{c^2}\sin\theta^2)}}$$

$$\frac{B}{b} = 4\pi \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\cos\theta^2 \sin\theta \, d\theta}{\sqrt{(\cos\theta^2 + \frac{b^2}{a^2}\sin\theta^2)\,(\cos\theta^2 + \frac{b^2}{c^2}\sin\theta^2)}}$$

$$\frac{C}{c} = 4\pi \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\cos\theta^2 \sin\theta \, d\theta}{\sqrt{(\cos\theta^2 + \frac{c^2}{a^2}\sin\theta^2)\,(\cos\theta^2 + \frac{c^2}{b^2}\sin\theta^2)}}.$$

Ist nun, wie wir annehmen wollen,

$$a > b > c,$$

und setzt man noch:

$$m^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2 - c^2}, \quad n^2 = \frac{b^2 - c^2}{a^2 - c^2},$$

$$\cos\varphi = \frac{c}{a},$$

so folgt, wenn man die elliptischen Integrale mit den von Legendre eingeführten Bezeichnungen anwendet:

$$A = 4\pi \frac{a^2 bc}{(a^2 - b^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot \frac{1}{m^2}\,[F(m, \varphi) - E(m, \varphi)],$$

$$B = 4\pi \frac{ab^2 c}{(a^2 - b^2)^{\frac{3}{2}}} \left\{ \frac{1}{m^2 n^2} \left[E(m, \varphi) - \frac{m^2 \cos\varphi \sin\varphi}{\Delta(m, \varphi)} \right] - \frac{1}{m^2} F(m, \varphi) \right\},$$

$$C = 4\pi \frac{abc^2}{(a^2 - b^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot \frac{1}{n^2} \left\{ \Delta(m, \varphi) \operatorname{tang}\varphi - E(m, \varphi) \right\}.$$

Denkt man sich nun ein Hülfsellipsoïd mit den drei Halbaxen $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$, die sich durch die Gleichungen bestimmen:

$$\mathfrak{A}^2 = \frac{A}{a}, \quad \mathfrak{B}^2 = \frac{B}{b}, \quad \mathfrak{C}^2 = \frac{C}{c},$$

so stellt sich die Dichte der inducirten elektrischen Schicht dar durch die Gleichung:

$$\varrho = -S\left\{\frac{\cos\mathfrak{a}\cos\alpha}{\mathfrak{A}^2}+\frac{\cos\mathfrak{b}\cos\beta}{\mathfrak{B}^2}+\frac{\cos\mathfrak{c}\cos\gamma}{\mathfrak{C}^2}\right\}.$$

Construirt man nun die zu der Richtung α, β, γ conjugirte Tangentialebene, und sey r der Radiusvector des Berührungspunktes, p die Länge des vom Mittelpunkt des Ellipsoïdes auf die Tangentialebene herabgelassenen Perpendikels, so verschiebe man das Ellipsoïd der Richtung des Perpendikels um die Gröfse

$$\frac{\varepsilon S}{pr},$$

wo ε eine verschwindend kleine Gröfse bedeuten möge; bei der Verschiebung müssen aber alle Axen parallel mit sich selbst bleiben. Alsdann schneiden sich das verschobene Ellipsoïd und das ursprüngliche in einer zu der Richtung α, β, γ conjugirten Ebene, und es werden durch die Ellipsoïde zwei ellipsoïdische Schalen gebildet, deren Verhältnifs der Dicke nach den früher bereits gemachten Bemerkungen das Verhältnifs der Dichten der inducirten elektrischen Massenschicht darstellt. Dabei ist die Elektricität auf der dem Inducenten zugekehrten Seite von ungleichem, auf der anderen von gleichen Zeichen, wie diefs auch schon aus der Formel für die Dichte erhellt.

Wenn nun das Ellipsoïd sich nicht in einem elektrischen, sondern in einem magnetischen Felde befindet, so gelten offenbar alle früheren Betrachtungen und es treten nur bei der Bestimmung der Dichte einige Modificationen ein. Bezeichnen wir mit k die magnetische Inductionsconstante, so wird durch das Potential

$$V = x$$

in dem Ellipsoïde ein Magnetismus inducirt, dessen Wirkungen man bekanntlich auch erhält, wenn man sich das Ellipsoïd mit einer magnetischen Massenschicht belegt denkt von der Dichte:

$$\varrho_* = -\frac{ak}{Ak+4\pi(1-k)a}\cos\mathfrak{a}.$$

Auf dieselbe Weise erhält man die durch die Potentiale

$$V = y \text{ und } V = z$$

hervorgerufenen magnetischen Dichten, und es ist somit die Gesammtdichte:

$$\varrho = -S\left[\frac{a\cos\mathfrak{a}\cos\alpha}{A+4\pi\frac{1-k}{k}a} + \frac{b\cos\mathfrak{b}\cos\beta}{B+4\pi\frac{1-k}{k}b} + \frac{c\cos\mathfrak{c}\cos\gamma}{C+4\pi\frac{1-k}{k}c}\right].$$

Hierbei bedeuten die Buchstaben dasselbe wie früher, und ist nur bei $S = Q : R^2$ die Gröfse Q die inducirende magnetische Masse. Ist die Inductionsconstante $k = 1$, so gehen alle Formeln in die früheren, bei einer elektrischen Induction gefundenen über.

Nehmen wir nun wieder ein Hülfsellipsoïd, dessen drei Halbaxen $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$ sich durch die Gleichungen

$$\mathfrak{A}^2 = \frac{A}{a} + 4\pi\frac{1-k}{k}$$

$$\mathfrak{B}^2 = \frac{B}{b} + 4\pi\frac{1-k}{k}$$

$$\mathfrak{C}^2 = \frac{C}{c} + 4\pi\frac{1-k}{k}$$

bestimmen, und verschieben dasselbe, indem sich die Axen selbst parallel bleiben, in der Richtung des auf die zu α, β, γ conjugirte Tangentialebene gefällten Perpendikels p um die Gröfse

$$\frac{\varepsilon S}{pr}$$

wo ε eine sehr kleine Zahl, r den Radiusvector des Berührungspunktes bedeutet, so sind die Dicken der entstehenden ellipsoïdischen Schichten in jedem einzelnen Punkte proportional der gedachten magnetischen Schicht, welche in ihrer Wirkung die inducirte magnetische Masse darstellt.

Mit Hülfe der obigen Formeln ist man nun im Stande, alle einzelnen Erscheinungen, welche bei dem Ellipsoïde im homogenen magnetischen Felde auftreten müssen, abzuleiten.

Denken wir uns ein aus einem paramagnetischen isotropen Mittel gefertigtes Ellipsoïd nach einer seiner drei *Axen in einem homogenen* magnetischen Felde aufgehängt

so dafs es nur eine rotirende Bewegung um die feste Axe anzunehmen im Stande ist. Die Kraftlinien seyen alle horizontal, also die Niveauflächen vertical. Bildet dann die Richtung der Kraftlinien mit einer der beiden horizontalen Axen des Ellipsoïdes den Winkel φ, also mit der anderen den Winkel $R-\varphi$ und mit der dritten einen Rechten, so wird das Ellipsoïd alsbald beginnen Schwingungen zu machen, und zwar schwingt die gröfsere horizontale Axe um die Richtung der Kraftlinien. Ist aber gerade genau $\varphi = 0°$ oder $\varphi = 90°$, wenn das Ellipsoïd bewegungslos im Gleichgewichte hängt, so wird auch keine Bewegung eintreten, sondern ein stabiles oder labiles Gleichgewicht stattfinden, je nachdem die gröfsere oder die kleinere Axe parallel den Kraftlinien ist.

Die Aufhängung des Ellipsoïdes finde nach der mittleren Axe $2b$ statt, alsdann wird $2a$ Schwingungen um die Richtung der Kraftlinien machen, in Folge der Anziehung zwischen dem inducirenden Magneten und dem in dem Ellipsoïde inducirten Magnetismus. Denken wir uns, um die Bewegungsgleichungen zu finden, das früher näher bezeichnete Hülfsellipsoïd; ein Radiusvector desselben sey r und der Maximumswerth des letzteren sey r_1, das Minimum r_3; der Winkel zwischen r und r_1 sey φ, alsdann drückt sich die in einem Zeitmomente von der beschleunigenden Kraft geleistete Arbeit aus durch:

$$\tfrac{2}{3}\pi\, a\, b\, c\, S^2\, \frac{d\left(\frac{1}{r^2}\right)}{d\varphi}\, d\varphi,$$

wenn die Buchstaben alle ihre alte Bedeutung beibehalten.

Bedeutet aber andererseits T das Trägheitsmoment des Ellipsoïdes bei seiner Aufhängung nach der Axe $2b$, so ist der Ausdruck für die Arbeit, welche in derselben Zeit von der durch die Bewegung hervorgebrachten Beschleunigung geleistet wird:

$$T_b\, \frac{d^2\varphi}{dt^2}\, d\varphi.$$

Es ist ferner noch:

$$\frac{1}{r^2} = \frac{\sin\varphi^2}{r_2^2} + \frac{\cos\varphi^2}{r_1^2}.$$

Substituirt man dieſs in den ersten Ausdruck und setzt alsdann die beiden für die Arbeit gewonnenen Ausdrücke gleich, so erhält man:

$$T_1 \frac{d^2\varphi}{dt^2} d\varphi = \tfrac{4}{3}\pi\, abc\, S^2 \sin\varphi \cos\varphi \left(\frac{1}{r_2^2} - \frac{1}{r_1^2}\right) d\varphi.$$

Integrirt man auf beiden Seiten, so erhält man:

$$T_1 \left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2 = \tfrac{4}{3}\pi\, abc\, S^2 \left(\frac{1}{r_2^2} - \frac{1}{r_1^2}\right) \sin\varphi^2.$$

Es bedeutet aber $\frac{4}{3}\pi\, abc$ die Masse des Ellipsoïdes, $\frac{d\varphi}{dt}$ die Winkelgeschwindigkeit; erstere wollen wir durch M, letztere durch θ bezeichnen, und zwar sey θ_0 der der Zeit $t = 0$ entsprechende Werth von θ; dann schreibt sich die obige Gleichung:

$$T_1 [\theta_0^2 - \theta^2] = M S^2 \left[\frac{1}{r_2^2} - \frac{1}{r_1^2}\right] \sin^2\varphi.$$

Setzen wir nun noch zur Vereinfachung:

$$c^2 = \frac{M S^2}{T_1} \left[\frac{1}{r^2_2} - \frac{1}{r^2_1}\right],$$

so haben wir:

$$\theta_0^2 - \left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2 = c^2 \sin\varphi^2$$

und somit ist:

$$\frac{d\varphi}{dt} = \sqrt{\theta_0^2 - c^2 \sin\varphi^2},$$

oder

$$\frac{dt}{d\varphi} d\varphi = \frac{1}{\sqrt{\theta_0^2 - c^2 \sin\varphi^2}} d\varphi$$

und wir erhalten somit für die Zeit t_1 bei Schwingungen um die Axe $2b$:

$$t_1 = \frac{1}{\theta_0} F\left(\frac{c}{\theta_0},\ \varphi\right).$$

Die obigen Betrachtungen gelten nun offenbar für jede der drei Aufhängungen nach je einer Axe, nur erhalten die beiden Constanten c und θ_0 in jedem Falle andere Werthe, *und wir können daher* allgemein schreiben:

$$t = \frac{1}{\theta_0} F\left(\frac{c}{\theta^0}, \varphi\right).$$

Sind die Ausschläge bei den Schwingungen gering, und bezeichnet man mit Δ_a, Δ_b und Δ_c die Dauer einer ganzen Oscillation bei einer Aufhängung, je nach der Axe $2a$, $2b$ oder $2c$, so findet man leicht:

$$\Delta_a = 2\pi \sqrt{\frac{T_a}{MS^2\left[\frac{1}{r_3^2} - \frac{1}{r_2^2}\right]}},$$

$$\Delta_b = 2\pi \sqrt{\frac{T_b}{MS^2\left[\frac{1}{r_3^2} - \frac{1}{r_1^2}\right]}},$$

$$\Delta_c = 2\pi \sqrt{\frac{T_c}{MS^2\left[\frac{1}{r_2^2} - \frac{1}{r_1^2}\right]}},$$

wobei T_a, T_b und T_c die Trägheitsmomente des Ellipsoïdes bei jeder einzelnen Aufhängung bedeuten und wobei r_3, r_2 und r_1 die entsprechenden Minimumswerthe und Maximumswerthe des Radiusvector bei den entsprechenden Aufhängungen bedeuten. Aus diesen Formeln ergeben sich denn unmittelbar die folgenden:

$$\frac{\Delta_c^2}{\Delta_a^2} = \frac{T_c}{T_a} \cdot \frac{\frac{1}{r_3^2} - \frac{1}{r_2^2}}{\frac{1}{r_2^2} - \frac{1}{r_1^2}},$$

$$\frac{\Delta_b^2}{\Delta_a^2} = \frac{T_b}{T_a} \cdot \frac{\frac{1}{r_3^2} - \frac{1}{r_2^2}}{\frac{1}{r_3^2} - \frac{1}{r_1^2}},$$

$$\frac{\Delta_c^2}{\Delta_b^2} = \frac{T_c}{T_b} \cdot \frac{\frac{1}{r_3^2} - \frac{1}{r_1^2}}{\frac{1}{r_2^2} - \frac{1}{r_1^2}},$$

Bezeichnet man nun noch durch 2ω den Winkel den die beiden magnetischen Axen, die senkrecht zu den beiden Kreisschnitten des Hülfsellipsoïdes stehen, mit einander bilden, so ist noch:

$$\tan\omega^2 = \frac{\frac{1}{\mathfrak{B}^2} - \frac{1}{\mathfrak{A}^2}}{\frac{1}{\mathfrak{C}^2} - \frac{1}{\mathfrak{B}^2}},$$

$$\sin\omega^2 = \frac{\frac{1}{\mathfrak{B}^2} - \frac{1}{\mathfrak{A}^2}}{\frac{1}{\mathfrak{C}^2} - \frac{1}{\mathfrak{A}^2}},$$

$$\cos\omega^2 = \frac{\frac{1}{\mathfrak{C}^2} - \frac{1}{\mathfrak{B}^2}}{\frac{1}{\mathfrak{C}^2} - \frac{1}{\mathfrak{A}^2}}.$$

In dem von uns angenommenen Falle sind nun r^1, r^2 nd r^3 den drei entsprechenden Gröfsen $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{C}$ gleich. Wäre jedoch die Aufhängung nicht nach einer der drei xen $2a$, $2b$, $2c$, so würde, wenn wir die Winkel zwi-:hen der verticalen Axe und den beiden oben bezeichne-:n magnetischen Axen durch ψ und ψ' bezeichneten, die eziehung stattfinden:

$$\frac{1}{r_3^2} - \frac{1}{r_1^2} = \left(\frac{1}{\mathfrak{C}^2} - \frac{1}{\mathfrak{A}^2}\right) \sin\psi \,.\, \sin\psi'.$$

lutatis mutandis würden sich auch für die anderen Grö-:en die entsprechenden Formeln ergeben.

Bedenken wir nun noch: dafs

$$T_a = \frac{1}{5M}(b^2 + c^2),$$

$$T_b = \frac{1}{5M}(a^2 + c^2),$$

$$T_c = \frac{1}{5M}(a^2 + b^2),$$

o findet man mit Rücksicht auf die aufgestellten Formeln olgende Relationen:

$$\frac{\Delta_c^2}{\Delta_a^2} = \frac{a^2+b^2}{b^2+c^2} \tan\omega^2,$$

$$\frac{\Delta_b^2}{\Delta_a^2} = \frac{a^2+c^2}{a^2+b^2} \cos\omega^2,$$

$$\frac{\Delta_b^2}{\Delta_a^2} = \frac{a^2+c^2}{b^2+c^2} \sin\omega^2.$$

Eliminirt man aus diesen drei Gleichungen die Gröfse ω, so ergiebt sich unmittelbar die merkwürdige Beziehung

$$\frac{a^2+c^2}{\Delta_b^2} = \frac{a^2+b^2}{\Delta_c^2} + \frac{b^2+c^2}{\Delta_a^2},$$

welche zuerst von Prof. Plücker (a. a. O.) aufgestellt worden ist. Durch diese Formel ist man stets im Stande die gemachten Beobachtungen zu controliren.

Aus den frühern Formeln läfst sich nun auch leicht eine solche ableiten für die Gröfse der magnetischen Inductions-Constanten k, abgeleitet aus dem beobachteten Winkel 2ω zwischen zwei Axen des Hülfsellipsoïdes, die senkrecht auf den Kreisschnitten desselben. Es war nämlich:

$$\operatorname{tang}\omega^2 = \frac{\frac{1}{\mathfrak{B}^2} - \frac{1}{\mathfrak{A}^2}}{\frac{1}{\mathfrak{C}^2} - \frac{1}{\mathfrak{B}^2}};$$

da nun aber die drei Axen $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$ durch die Gleichungen

$$\mathfrak{A}^2 = \frac{A}{a} + 4\pi\frac{1+k}{k}, \quad \mathfrak{B}^2 = \frac{B}{b} + 4\pi\frac{1+k}{k},$$

$$\mathfrak{C}^2 = \frac{C}{c} + 4\pi\frac{1+k}{k}$$

gegeben waren, so findet man leicht, wenn man noch setzt:

$$D_3 = \frac{A}{a} - \frac{B}{b}, \quad D_1 = \frac{B}{b} - \frac{C}{c},$$

folgende Gleichung:

$$\frac{1}{k} = 1 + \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{D_3 \cdot \frac{C}{c} - D_1 \cdot \frac{A}{a} \cdot \operatorname{tang}\omega^2}{D_1 \operatorname{tang}\omega^2 - D_3}.$$

Aehnliche Gleichungen für die Bestimmung der Constanten c würde man aus den Formeln für den Sinus und Cosinus des Winkels ω ableiten können.

Gehen wir nun zu den angestellten Versuchen selbst über.

Es waren zwei Ellipsoïde, mit denen Untersuchungen *gemacht* worden. Dieselben waren aus grofsen Stücken

weichen Eisens und Nickels von Hrn. Heinpel in Paris nach ihren Kreisschnitten gedrechselt. Die drei Halbaxen der beiden einander vollständig congruenten Ellipsoïde standen in einem solchen Verhältnisse, dafs

$$a^2 : b^2 : c^2 = 400 : 160 : 100.$$

Da nun $2a$ genau $= 36^{mm}$ war, so betrugen also die Dimensionen der beiden anderen Axen $2b$ und $2c$ $22^{mm},7686$ und 18^{mm}.

Das homogene magnetische Feld wurde auf folgende Weise dargestellt. Zwei Elektromagnete von vollständig gleichen Dimensionen waren in einer lichten Weite von 1475^{mm} so aufgestellt, dafs ihre Axen in derselben Geraden lagen. Die 540^{mm} langen Eisenkerne waren 100^{mm} dick und sahen mit ihren halbkugelförmigen Enden gerade um 100^{mm} aus der Kupferdrahtspirale hervor. Der Kupferdraht von $4^{mm},4$ Dicke umgab in 6 Lagen von je 87 Windungen den Eisenkern, und waren die beiden Elektromagnete so durch gleich dicke Kupferdrähte verbunden, dafs derselbe galvanische Strom durch beide Spiralen ging und an den beiden zugekehrten Polen Magnetismus von umgekehrten Zeichen erzeugt wurde. Dabei waren die Drähte in solcher Entfernung von dem aufgehängten Ellipsoïde, dafs von einer Einwirkung des Stromes auf dasselbe vollständig abgesehen werden konnte. Der galvanische Strom wurde durch acht Grove'sche Zink-Platin-Elemente erzeugt. Durch öftere Wiederholung einer bestimmten Aufhängung wurde die Constanz des Stromes controllirt.

In der Mitte zwischen den beiden Elektromagneten befand sich eine Drehwaage, an deren ungedrehtem seidenen Faden unten ein äufserst feiner versilberter Kupferdraht befestigt war. Mittelst einer Schleife des letzteren wurden die Ellipsoïde so aufgehangen, dafs nach einander je eine der drei Axen senkrecht stand, und der Mittelpunkt des Ellipsoïdes sich jedesmal in der gemeinsamen Axe der beiden Elektromagnete befand; mittelst der Drehwaage wurden sie dann so gestellt, dafs die gröfsere horizontale Axe mit der eben *genannten elektromagnetischen* zusammenfiel. Alsdann

wurde sie mit dem einen Endpunkte herausgebracht, so dafs sie Oscillationen um die senkrechte Axe, um ihre Ruhelage, machte, und hierauf wurden die Elektromagnete durch Schliefsung der galvanischen Kette erregt. Bei den angegebenen Dimensionen konnte nun offenbar der von dem Ellipsoïde eingenommene Raum als ein homogenes magnetisches Feld betrachtet werden. Die Durchgänge durch die Gleichgewichtslage wurden vermittelst eines Fernrohres beobachtet, während zugleich von einem anderen Beobachter die Zeiten, die durch ein Zeichen gegeben wurden, von einem genau regulirten Chronometer abgelesen wurden. Bei den aus den Beobachtungen gewonnenen Resultaten konnte man natürlich von dem Trägheitsmomente des Kupferdrahtes, sowie von der Torsion des Fadens absehen.

Es wurde nun zunächst das Ellipsoïd aus weichem Eisen aufgehängt, und die Oscillationsdauer bei einer Aufhängung nach je einer der drei Axen beobachtet. Um die bei der letzteren vorkommenden Fehler, sowie die etwa aus Unregelmäfsigkeiten an der ellipsoïdischen Gestalt entspringenden Fehler möglichst zu eliminiren, wurde stets nach einer Reihe von Beobachtungen die senkrechte Axe um π gedreht. Ganz ebenso wurde bei dem Ellipsoïde aus Nickel verfahren, und es ergaben sich folgende Resultate:

1) Beim Ellipsoïde aus weichem Eisen:

	Anzahl der Oscillationen	Dauer der Oscillationen	Daraus berechneter mittlerer WVerth
A_a	8	$99^s,5$	$12^s,4375$
A_b	19	154	8 ,105
A_c	16	104	9 ,615

2) Bei dem Ellipsoïde aus Nickel:

	Anzahl der Oscillationen	Dauer der Oscillationen	Mittlerer Werth von A
A_a	12	$145^s,5$	$12^s,125$
A_b	6	51	8 ,5
A_c	8	83 ,5	10 ,312

Die Oscillationsdauer ist in Sekunden angegeben, und sind bei den Zahlen die beiden aus um π verschiedenen Aufhängungen nach den Axen zusammen angegeben; dabei fand sich, dafs bei diesen die Zahlen gegenseitig übereinstimmen, so dafs sich z. B. beim Eisen zwischen $8.\Delta_b$ in der einen Aufhängung, von $8.\Delta_b$ in der anderen nur einen Unterschied von $0^s,5$ ergab. Doch müssen in den Beobachtungen theilweise nicht unbedeutende Fehler liegen, da einestheils der Ausschlagwinkel gröfser war, als wir bei der Ableitung der Formeln angenommen haben, und folglich können wir keine absolut genauen Resultate erwarten. Fernere Fehlerquellen liegen in der Beobachtung des Durchgangs der grofsen Axe durch die axiale Lage usw. Um die Genauigkeit zu prüfen, nehmen wir die oben angegebene Formel:

$$\frac{a^2+c^2}{\Delta_b^2} = \frac{a^2+b^2}{\Delta_c^2} + \frac{b^2+c^2}{\Delta_a^2}.$$

Da es nur auf die Verhältnisse ankommt, so nehmen wir

$$a^2 = 400,\ b^2 = 160,\ c^2 = 100$$

an, und erhalten demgemäfs aus obigen Zahlen die Resultate:

	$\frac{a^2+c^2}{\Delta_b^2}$	$\frac{a^2+b^2}{\Delta_c^2} + \frac{b^2+c^2}{\Delta_a^2}$	Differenz
Eisenellipsoïd	7,612	7,726	0,114
Nickelellipsoïd	6,920	7,030	0,110

Die Differenzen sind im Verhältnisse äufserst gering, namentlich wenn man den Einflufs der Beobachtungsfehler berücksichtigt; es beträgt in keinem Falle der Fehler $\frac{1}{6}\sigma$ des Werthes. Wir sind daher berechtigt, mit den gewonnenen Zahlen weitere Schlüsse, namentlich in Bezug auf die Inductionsconstante, zu machen.

Wie wir aus den obigen Formeln ersehen, läfst sich der Winkel 2ω zwischen den beiden magnetischen Axen des Ellipsoïdes, die wir oben näher bezeichnet haben, vermittelst der Gleichungen finden:

$$\text{tang}\,\omega^2 = \frac{b^2+c^2}{\Delta_a^2} \cdot \frac{\Delta^2}{a^2+b^2},$$

$$\sin\omega^2 = \frac{b^2+c^2}{\Delta_a^2} \cdot \frac{\Delta^2}{a^2+c^2},$$

$$\cos\omega^2 = \frac{a^2+b^2}{\Delta_c^2} \cdot \frac{\Delta_b^2}{a^2+c^2}.$$

Wenden wir nun diese Formeln an, so ergeben sich folgende Werthe:

	ω berechnet aus $\sin\omega$	ω berechnet aus $\cos\omega$	ω berechnet aus $\mathrm{tg}\,\omega$	Mittlerer Werth von ω
Ellipsoïd aus Eisen	29° 28′	26° 59′	27° 48′	28° 5′
Ellipsoïd aus Nickel	30° 22′	29° 17′	30° 6′	29° 58′

Um den Winkel ω aus directen Versuchen zu bestimmen wurde nach den früheren Versuchen wie folgt verfahren. Die Ellipsoïde wurden in dünnen Elfenbeinringen, deren innerer Durchmesser genau der Länge der grofsen Axe $2a$ entsprach, vermittelst Wachs mit der grofsen Axe befestigt, während die mittlere Axe $2b$ senkrecht zu der Ebene des Ringes stand. Der Ring war von je $2\frac{1}{2}°$ zu $2\frac{1}{2}°$ eingetheilt, und wurde derselbe an der Drehwaage zwischen den beiden Elektromagneten so aufgehängt, dafs der Mittelpunkt des Ellipsoïdes stets auch in der gemeinsamen Axe derselben sich befand. Alsdann stellte sich das Ellipsoïd, je nachdem der Winkel zwischen $2a$ und der Verticallinie gröfser oder kleiner genommen ward, mit der grofsen Axe axial oder aequatorial. Im Falle, wo das Ellipsoïd in jeder Stellung verharrte, die man ihm gab, wo also dasselbe gegen den Magneten indifferent blieb, war der von $2a$ und der Verticalen gebildete Winkel $= \omega$. Durch solche directe Versuche wurde bei neun verschiedenen Aufhängungen des Eisenellipsoïdes, indem, um die Fehler möglichst zu elimininiren, die vier möglichen Stellungen von $2a$ gegen die Verticale gemessen wurden, der Winkel ω gefunden, als in der Nähe von 28° liegend; der bei dem Ellipsoïde aus Nickel um 30°, als Mittel aus vier Beobachtungen. Da eine genauere directe Messung mittelst der angegebenen Mittel nicht möglich war, können auch diese di-

recten Versuche zur Bestimmung von ω als Bestätigung der gewonnenen Resultate betrachtet werden.

Gehen wir nun zur Werthbestimmung der Constanten k über. Ist dieselbe der Einheit gleich, so würde sich vermittelst der Formel

$$\operatorname{tang}\omega^2 = \frac{\frac{b}{B} - \frac{a}{A}}{\frac{c}{C} - \frac{b}{B}}$$

der Werth von $\omega = 27\frac{1}{2}^0$ ergeben. Es mufs also, da k kleiner als die Einheit ist, $\omega > 27\frac{1}{2}^0$ sein, und diefs ist auch im Mittel, wie aus den oben angegebenen Resultaten zu ersehen ist, der Fall. Die Gröfsen A, B und C sind mittelst der Legendre'schen Tabellen der elliptischen Integrale berechnet. Wenden wir nun die Formel

$$\frac{1}{k} = 1 + \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{D_3 \frac{C}{c} - D_1 \frac{A}{a} \operatorname{tang}\omega^2}{D_1 \operatorname{tang}\omega^2 - D_3}$$

an, wo

$$D_3 = \frac{A}{a} - \frac{B}{b} \text{ und } D_1 = \frac{B}{b} - \frac{C}{c}$$

gesetzt war, so ergiebt sich für das weiche Eisen:

$$\frac{1}{k} = 1{,}005549,$$

also

$$k = 0{,}9945$$

und für Nickel:

$$\frac{1}{k} = 1{,}026603,$$

oder

$$k = 0{,}9741,$$

wenn die oben als die mittleren Werthe von ω bezeichneten Gröfsen (28° 5′ und 29° 58′) angenommen werden. Nehmen wir aber die aus der Formel für $\operatorname{tang}\omega$ sich ergebenden Werthe 27° 48′ und 30° 6′, so stellen sich die Zahlen für k auf:

0,99715 und 0,96676.

Aus den eben ausgeführten Berechnungen, deren Vergleichung mit anderen ohne weiteres nicht vorgenommen

werden kann, indem die Gröfse S nicht genau bekannt war, läfst sich jedoch diefs eine entnehmen, dafs einestheils die gemachten Versuche als Bestätigung der Theorie des Magnetismus, nicht aber zur Bestimmung der magnetischen Constanten dienen können. Ein Winkelunterschied von 17′ brachte für das Eisen in der Constanten einen Werthunterschied von 0,00265 hervor, eine verhältnifsmäfsig bedeutende Zahl, wenn man namentlich bedenkt, dafs durch die Fehlerquellen leicht noch gröfsere Fehler in der Bestimmung des Winkels veranlafst werden können. Zur Messung von der Inductionsconstanten wird sich stets besser eine directe, wie sie sich z. B. bei der von Hrn. Prof. Plücker angewendeten Methode des Wägens findet, eignen.

V. *Ueber die Ausdehnung des Wassers beim Gefrieren; von Dr. Duvernoy in Stuttgart.*

Aus Anlafs meiner Untersuchungen über die ausdehnende Wirkung der Krystallisationskraft [1]) machte ich einige Beobachtungen über die Ausdehnung des Wassers beim Gefrieren, welche ich seitdem wiederholte, und die, ob sie gleich in der Hauptsache nur als Bestätigung bekannter Thatsachen dienen, doch der Mittheilung nicht ganz unwerth seyn dürften.

Es ist bekannt, dafs Wasser im luftleeren Raume, oder solches, welches durch längeres Auskochen von der aufgelösten Luft möglichst befreit worden, ziemlich tief unter den gewöhnlichen Gefrierpunkt herabsinken kann ohne zu gefrieren, und dafs man es bei einer Kälte von — 12 bis 15° C. noch flüssig gesehen hat. Bei meinen Versuchen ist es mir nun zwar nicht gelungen es bis zu so hohen

1) Jahrbuch für Mineralogie usw. von Leonhard und Bronn, 1852 S. 781 ff.

Kältegraden noch flüssig zu erhalten, doch ertrug es immerhin eine Kälte von — 5 und mehreren Graden ohne zu gefrieren. Ich benutzte dazu destillirtes oder Schneewasser, welches durch längeres Auskochen in einer Flasche möglichst luftfrei gemacht, und noch während des Kochens mit einer Lage Terpentinöl bedeckt wurde, um es vor dem Zutritte der Luft zu schützen [1]). So wurde es in Kugelröhren oder andere gläserne Gefäfse gefüllt, welchen eine Glasröhre luftdicht aufgesetzt war, um die Volumen-Veränderungen desselben ermessen zu können. Setzt man nun das Gefäfs in eine Kälte erzeugende Mischung von Schnee und Kochsalz oder dergl. mit der Vorsicht, dafs die Erkaltung des Wassers nicht zu rasch erfolge (indem man es zuvor bis auf 0° hat erkalten lassen und das Gefäfs anfangs nur leicht in die Schnee-Mischung eindrückt), so gelingt es in der Regel dasselbe auf — 5° und darunter zu erkälten, ehe es zu gefrieren beginnt.

Hiebei gewahrt man denn zunächst, dafs das Wasser, wie bekannt, auch unter 0° fortfährt sich auszudehnen, und zwar in steigender Progression, indem man es z. B. bei einer Erkältung auf — 5° ungefähr fünfmal so hoch in der Röhre steigen sieht, als von + 4° auf 0.

Genauere Angaben hierüber geben die Untersuchungen von Despretz, und die von Demselben entworfene Tabelle über das Volum und die Dichtigkeit des Wassers zwischen + 17 und — 9° C. [2]). Hiernach ist das Volum des Wassers, bei + 4° zu 1,000000 gesetzt, bei 0° = 1,0001269, und bei — 9° = 1,0016311, woraus sich ergiebt, dafs die Ausdehnung von 0 bis — 9° über 12mal so grofs ist als diejenige von + 4° auf 0.

Hat das Wasser sich bis auf diejenige Temperatur unter 0° erkältet, deren es unter den gegebenen Umständen fähig

1) Das Wasser wird zwar durch Auflösung von etwas Terpentinöl ein wenig milchig getrübt, was jedoch hier nicht in Betracht kommt. Uebrigens kann man statt dessen auch Benzin anwenden, welches die Klarheit des Wassers nicht trübt.

2) *Ann. de Chim. et Phys. T.* 70 *p.* 23. (Ann. Bd. LXII, S. 284).

ist, ohne zu erstarren, so bleibt der Stand der Flüssigkeit in der Röhre unverändert. Sobald jedoch, sey es durch eine stärkere Erkältung, oder durch eine Erschütterung, das Wasser zu gefrieren beginnt, so tritt ein rasches Steigen desselben in der Röhre ein, welches so lange fortdauert, bis alles Wasser in dem Gefäfse gefroren ist.

Gelingt der Versuch wie er soll, d. h. ohne zu schnelles Gefrieren des Wassers und dadurch bewirktes Zerspringen des Gefäfses (wobei besonders darauf zu sehen ist, dafs dieses nicht zu schnell und tief in die Kältemischung gesetzt, sondern nur wenig in dieselbe eingesenkt worden), so sieht man die ersten Eiskrystalle am Grunde und den Seitenwänden des Gefäfses sich ansetzen, allmählich zunehmen und sich ausdehnen, bis am Ende die ganze Masse zu einem Klumpen erstarrt ist. Betrachtet man während dessen die überstehende Flüssigkeit in der Röhre, welche als entfernter von der Einwirkung der Kältemischung erst zuletzt erstarrt, so ist es wirklich wunderbar zu sehen, wie diese, während die Kugel einer Kälte von — 15° ausgesetzt ist, in der Röhre fortwährend steigt, gerade wie wenn erstere in heifses Wasser eingesenkt wäre, und eben so schnell fällt, so bald man das Gefäfs aus der Kältemischung in warmes Wasser bringt. Ja man sieht, wenn es gelingt, den Versuch mit der gehörigen Stetigkeit, und ohne Zerspringen des Gefäfses zu vollführen, das Wasser während des Gefrierens sich bedeutend und fast doppelt so hoch über den Punkt erheben, welchen es bei der Siedhitze in der Röhre eingenommen hatte.

Dieses langsame Krystallisiren des Wassers vom Boden der Gefäfse aus, wobei das überstehende, flüssige nach und nach verdrängt, und so das Zerspringen der Gefäfse wenigstens öfters verhindert wird, gab mir zugleich ein Mittel an die Hand die Ausdehnung, welche es hiebei erfährt, auch dem Gewichte nach zu bestimmen, oder das specifische Gewicht des Eises auf eine bisher noch nicht versuchte Weise zu ermitteln.

Ich bediente mich dazu kleiner, dünngeblasener Fläsch-

chen mit engem Halse, welche ungefähr 10 Grm. Wasser faſsten. Nachdem das Gewicht des leeren Fläschchens bestimmt worden, wurde dasselbe genau bis zur Mündung des Halses mit luftfreiem Wasser [1]) von 4° C. gefüllt und wieder gewägt. Hierauf wurde es in eine Mischung von Schnee und Kochsalz gestellt, mit der Vorsicht, daſs diese kaum über den Boden des Fläschchens hinaufreichte, um dadurch das Gefrieren des Wassers vom Grunde aus zu bewirken und möglichst zu erlangsamen [2]). Hiebei floſs das durch die Ausdehnung des sich bildenden Eises verdrängte Wasser aus der Mündung des Fläschchens aus, so lange bis alles Wasser gefroren war, worauf das Gläschen abermals gewägt wurde. Aus dem Unterschiede des Gewichtes der ersten und zweiten Wägung ergab sich dann das verhältniſsmäſsige Gewicht des Eises zu Wasser von + 4° C.

Unter mehreren Versuchen führe ich beispielsweise nur zwei an, welche ich für die gelungensten halte und deren Ergebniſs auch nahezu übereinstimmt.

Der eine derselben ergab:

Gewicht des Wassers bei + 4° C. (nach Abzug vom Gewichte des Gläschens) . . .	10,745 Grm.
Gewicht des gebildeten Eises	9,875 »

woraus für das spec. Gewicht des letzteren folgt: 0,918.

Der andere Versuch ergab:

Gewicht des Wassers bei + 4° C. . . .	10,745 Grm.
Gewicht des gebildeten Eises	9,910 »

1) Das Wasser läſst sich bekanntlich auch durch noch so langes Auskochen kaum ganz von der aufgelösten Luft befreien. Beim Gefrieren aber sondert sich dieselbe aus und bleibt in Gasform in dem Eise eingeschlossen. Bringt man dieses nun durch Einsetzen des Gefäſses in warmes Wasser schnell zum Schmelzen, so entweicht die eingeschlossene Luft und es läſst sich durch Wiederholung dieses Verfahrens ziemlich luftfreies Wasser erhalten.

2) Es ist dieses zum vollständigen Gelingen des Versuches wesentlich erforderlich, indem bei schnellerem Fortschreiten des Erstarrens durch die ganze Wassermasse, der Ausfluſs aus der Mündung zu bald gehemmt wird, was das Zerspringen der Gläschen zur Folge habe.

woraus sich das spec. Gewicht des letzteren zu 0,922 berechnet.

Obgleich ich diese Resultate nicht für vollkommen genau ausgeben möchte, zumal es möglich wäre, dafs im Halse des Kölbchens sich noch etwas flüssiges Wasser zwischen dem Eise erhalten hätte, so kommen sie doch den zuverlässigsten Angaben über das spec. Gewicht des Eises sehr nahe.

Aelterer Versuche nicht zu erwähnen, so fand Osann [1]) das spec. Gewicht des Eises = 0,9268, die Temperatur des Wassers zu 0° angenommen.

Nach Brunner's Versuchen [2]) kann das spec. Gewicht des Eises bei 0° = 0,9180 gesetzt werden.

Dufour [3]), dem wir meines Wissens die neuesten Untersuchungen hierüber verdanken, fand als Ergebnifs von 24 Versuchen eine Schwankung im spec. Gewichte des Eises zwischen 0,9162 und 0,9212; woraus sich im Mittel 0,9175 ergiebt [4]).

Welches nun aber auch unter diesen nur um wenige Tausendtheile von einander abweichenden Bestimmungen diejenige seyn mag, welche der Wahrheit am nächsten kommt, so erhellt daraus jedenfalls, welche bedeutende Ausdehnung das Wasser bei seinem Uebergange in den festen Zustand erfährt, eine Ausdehnung, welche ungleich gröfser ist als diejenige zwischen dem Punkte seiner gröfsten Dichtigkeit und dem Siedepunkte.

Legt man nämlich die von Dufour im Mittel gefun-

1) Kastner's Archiv Bd. I S. 95.

2) Pogg. Ann Bd. 64, S. 113.

3) *Ann. de Chim. et Phys.* 3ème *sér. T. LIX p.* 506.

4) Dufour bediente sich bei seinen Untersuchungen einer Mischung von Wasser und Alkohol in solchem Verhältnisse, dafs ihre Dichtigkeit, bei einer Temperatur von −8 bis 10° das des Eises entsprach, so dafs letzteres sich in vollkommenem Gleichgewichte schwimmend darin erhielt. Indem er das Dichtigkeitsverhältnifs dieser Mischungen veränderte, so dafs das Eis bald oben auf schwamm, bald zu Boden sank, fand er, dafs die Dichtigkeit des Eises jedenfalls *über* 0,9145 und *unter* 0,9236 betragen müsse.

ne Zahl von 0,9175 für das spec. Gewicht des Eises zu unde (die des Wassers bei +4° C. = 1,0000 angenom-n), so ergiebt sich, dafs die Ausdehnung des Wassers im Gefrieren ungefähr $\frac{1}{12,1}$ seines Volumens im Zustande r gröfsten Dichtigkeit beträgt.

Betrachtet man andererseits die Ausdehnung des Was-s zwischen dem Punkte seiner gröfsten Dichtigkeit und m Siedpunkte, so ergeben sich folgende Verhältnisse:

Nach den Berechnungen von Markiewicz [1]) beträgt r Unterschied zwischen dem Volumen des Wassers bei 4° und 100° C. $\frac{1}{21,89}$ vom Volumen des ersteren.

Nach Despretz [2]) ist das Volumen des Wassers, das-ige bei +4° C. zur Einheit genommen, bei +100° 1,04315, und beträgt also seine Ausdehnung von +4° s 100° $\frac{1}{23,17}$ seines Volumens bei +4°.

Nimmt man das Mittel dieser beiden Angaben, so er-bt sich, dafs das Wasser vom Zustande der gröfsten chtigkeit bis zum Siedpunkte sich um $\frac{1}{22,5}$ seines Volu-ns im ersteren Zustande ausdehnt, während nach dem en Gesagten seine Ausdehnung beim Uebergange vom nkte der gröfsten Dichtigkeit in den gefrorenen Zustand, $\frac{1}{11}$ seines Volumens bei +4° beträgt, so dafs also die ztere fast um das Doppelte gröfser ist als die erstere, s mit meinen oben angegebenen Beobachtungen über das eigen des gefrierenden Wassers in der Kugelröhre ganz ereinstimmt.

Nach Kopp [3]) dehnt sich das Wasser beim Gefrieren gar um nahezu 10 Proc. seines Volumens bei 0° aus, in-m 1,1 Vol. Eis 1 Vol. Wasser von 0° geben, während ine Ausdehnung von 0 bis 100° nur $\frac{1}{23,2}$ seines Volu-

[1]) Pogg. Ann. Bd. 19 S. 135.
[2]) *Ann. de Chim. et Phys. T. 70 p.* 47.
[3]) *Ann. d. Chem. u. Pharm.* Bd. 93 S. 204.

mens bei 0° ausmacht, so dafs also die Ausdehnung beim Gefrieren über doppelt so grofs wäre, als diejenige vom Gefrierpunkt bis zur Siedhitze.

Was die Ursache dieser beträchtlichen Ausdehnung des gefrierenden Wassers betrifft, so bedarf die Ansicht welche das geringere spec. Gewicht des Eises den Luftbläschen zuschreibt, welche dasselbe meistentheils einschliefst, kaum mehr einer ernstlicheren Widerlegung, wenn auch der genannte Umstand einigen, jedenfalls aber untergeordneten Einflufs hierauf äufsern mag [1]). Schon die einfache Thatsache, dafs das Wasser noch im flüssigen Zustande von +4° an abwärts in steigendem Verhältnisse sich ausdehnt, ist Beweis genug dagegen. Und wie liefse sich aus dem Freiwerden einiger leicht zusammendrückbarer Luftbläschen die ausdehnende Kraft des gefrierenden Wassers erklären, welche, nach bekannten Versuchen, grofs genug ist, um kupferne Kugeln und Flintenläufe zu sprengen?

Der Grund dieser Ausdehnung kann wohl für jetzt noch in nichts Anderem gesucht werden, als in der von dem Punkte der gröfsten Dichtigkeit an beginnenden Neigung der Wassertheilchen, sich zur krystallinischen Structur zu ordnen, in Folge deren sie sich wahrscheinlich nach gewissen Richtungen hin anziehen, nach anderen aber abstofsen, und sich also von dem Zustande gleichmäfsiger Anziehung, welcher die Kugelform bedingt, zu entfernen streben, welches in der Krystallbildung selbst seine Erfüllung erhält. Daher drücken alle diejenigen Stoffe, welche durch ihre Verwandtschaft zum Wasser der gegenseitigen Anzie-

1) Eher möchten die von Tyndall in dem Eise entdeckten, in seiner inneren Structur begründeten, hohlen Räume von wesentlichem Einflusse auf dessen leichteres Eigengewicht seyn. Er fand nämlich, indem er concentrirte Lichtstrahlen durch das mit dem Vergrösserungsglase betrachtete Eis gehen liefs, in demselben zahlreiche kleine Höhlungen, die durch ihre Gruppirung die Gestalt einer sechsblättrigen Blumenkrone nachahmten und Einer Fläche parallel lagen. Diese Blättchen erschienen beim Durchgange der Lichtstrahlen mit Wasser erfüllt, der Mittelraum der Blumen aber leer. (Aus der *Philos. Transact.* in *Ann. d. Chim. et Phys. Sér. III T. LVI p.* 122.)

hung seiner Massentheilchen widerstreben, wie Salze, Säuren, Weingeist usw., den Punkt der gröfsten Dichtigkeit des Wassers herab, oder machen ihn ganz verschwinden, indem sie dasselbe verhindern, feste krystallinische Gestalt anzunehmen.

Gegen diese, schon von Blagden ausgesprochene Ansicht von der Ausdehnung des Wassers beim Gefrieren, macht jedoch Hope [1]) die Einwendung, dafs die polarische, oder nach gewissen Richtungen eintretende stärkere Anziehung der Wassertheilchen, welche nach jener Annahme unterhalb des Dichtigkeitsmaximums sich zu äufsern begänne, die freie Beweglichkeit derselben unter einander nothwendig hindern, und also dem Wasser einen gewissen Grad von Zähigkeit ertheilen müfste. Die Flüssigkeit desselben erscheine aber bei 0° ebenso vollkommen, als bei höheren Wärmegraden, wie er sich hiervon durch Versuche mit dem Nicholson'schen Aräometer überzeugt habe, indem er den Grad der Beweglichkeit dieses Instrumentes in Wasser von verschiedener Temperatur genau beobachtete.

In neuerer Zeit hat nun allerdings Savart [2]), durch seine Versuche über das Auffallen eines flüssigen Strahles gegen eine kreisrunde Scheibe, gefunden, dafs das Wasser eine mit der Temperatur wechselnde Zähigkeit besitzt. Allein das Maximum dieser Klebrigkeit fällt mit dem Punkte seiner gröfsten Dichtigkeit zusammen, und unmittelbar darauf, nämlich bei +1 bis 2° C., tritt vielmehr ein Minimum der Zähigkeit ein, welche letztere sodann bei 0° wieder zunimmt. Dieſs deutet, wie Savart bemerkt, darauf hin, dafs die Wassertheilchen, während ihres Ueberganges aus dem flüssigen in den festen Zustand, alle, und zumal um ihren Schwerpunkt, sich drehen, indem sie, hierbei vorübergehend, in eine solche Lage gerathen, dafs sie sich untereinander in einem Zustande schwankenden Gleichgewichtes befinden.

Liefse sich nach diesem Verhalten nicht etwa annehmen,

1) *Ann. de Chimie T.* 53 *p.* 272.
2) *Ann. d. Chim. et Phys. T. LIV p.* 55 und 113.

dafs, wenn einmal, durch den zusammenziehenden Einfluſs der Kälte, die Wassertheilchen einander so nahe gebracht werden, dafs sie anfangen ihre polarische Abstofsung und Anziehung auf einander zu äufsern, jene vielleicht anfangs die überwiegende sey, und letztere erst bei zunehmendem Erkalten in Wirksamkeit trete? [1])

Bemerkenswerth sind endlich noch die Erscheinungen frei oder gebunden werdender Wärme, welche beim Uebergange des Wassers in Eis, und umgekehrt, beobachtet werden; Wasser, welches noch so tief unter den Gefrierpunkt erkaltet war, erwärmt sich bekanntlich beim ersteren auf 0°, während andererseits das Eis beim Schmelzen eine Wärmemenge bindet, welche fähig ist, ein gleiches Volumen Wasser von 0° auf 75° zu erhöhen. Und doch erfährt, wie oben gezeigt wurde, das Wasser bei seinem Uebergange aus dem flüssigen in den festen Zustand, eine Ausdehnung, welche fast doppelt so grofs ist als diejenige, welche es vom Gefrierpunkte bis zum Siedpunkte durchläuft, und umgekehrt erleidet das Eis beim Schmelzen eine Zusammenziehung, welche ungefähr $\frac{1}{12}$ vom Volumen des Eises beträgt.

Dieselbe Erscheinung beobachtet man, wie schon in meiner oben angeführten Abhandlung bemerkt wurde, bei der Auflösung verschiedener Salze, wie z. B. des Salpeters, Alauns, schwefelsauren Natrons und mehrerer anderer, in Wasser, indem hiebei eine mehr oder weniger bedeutende Kälteerzeugung, wie umgekehrt bei ihrer Krystallisation aus der wässrigen Lösung eine Wärmeentwickelung, wahrgenommen wird, ungeachtet im ersteren Falle eine Verminderung, im letzteren dagegen eine Vergröfserung des Volumens stattfindet.

Diese Thatsachen sind unvereinbar mit der Annahme eines materiellen Wärmestoffes, welcher nach der älteren Ansicht die Zwischenräume der Körper ausfüllen, durch ihre

1) Es wäre von Interesse zu erfahren, wie das unter 0° erkaltete Wasser sich bezüglich seiner Zähigkeit verhielte, was jedoch mittelst der von *Savart* angewandten Methode nicht zu ermitteln seyn würde.

Ausdehnung eingesogen und gebunden, durch ihre Zusammenziehung aber wieder ausgetrieben und frei werden soll, und geben vielmehr einen sprechenden Beweis für die neuere Ansicht ab, nach welcher die Wärme durch schwingende Bewegungen der Atome, oder des ihre Zwischenräume ausfüllenden Aethers erzeugt wird. Es ergiebt sich ferner daraus, dafs die Bindung oder Entwicklung von Wärme bei Veränderung des Aggregatzustandes der Körper, nicht sowohl von der Zu- oder Abnahme ihres absoluten Volumens abhängt, als vielmehr von der besonderen Art der Lage der Verbindung der Atome unter einander, durch welche die Erregung und Fortpflanzung jener Schwingungen bald erleichtert, bald erschwert wird. Da nun gerade die dichtesten Körper, wie namentlich die Metalle, es sind, in welchen die Wärmeentwicklung am leichtesten erregt und fortgepflanzt wird, und umgekehrt diese Fähigkeit mit der zunehmenden Porosität und Verdünnung der Körper abnimmt, so scheint dieselbe von der gröfseren Annäherung und festeren Verbindung der Atome unter einander wesentlich abzuhängen. Wirklich läfst sich auch bei dem gefrorenen Wasser kaum etwas anders annehmen, als dafs seine kleinsten Theilchen, wennschon nach gewissen Lagen und Richtungen durch viel gröfsere Zwischenräume getrennt als bei dem flüssigen Wasser, doch nach anderen dichter an einander liegen und enger verbunden sind als bei diesem, bei welchem sie alle eine gewisse mittlere und gleichförmige, wenuschon im Ganzen genommen geringere, Entfernung von einander einhalten, als bei jenem.

Zusats. Ich kann nicht umhin, hier zu bemerken, dafs die vom Hrn. Verf. angewandte Methode zur Bestimmung der Dichtigkeit des Eises, schon im 17. Jahrhundert von den Mitgliedern der *Accademia del Cimento* benutzt worden ist, obwohl nicht mit ausgekochtem Wasser und auch nicht mit Rücksicht auf die Contraction des Gefäfses, die auch S. 457 vernachlässigt ist, nicht minder wie die Temperatur des Eises, nach der das spec. Gewicht desselben doch ebenfalls verschieden seyn mufs. P.

VI. *Die Reflexionsconstanten;* von *V. S. M. van der Willigen.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus d. *Verslagen en mededeelingen d. K. Acad. van Wetenschapp. Dl. XIII.*)

1. Die Reflexionsconstanten für Indigo.

1. In vier einander folgenden Abhandlungen hat Jamin die Natur des zurückgeworfenen Lichts sehr vollständig untersucht, für Metalle, durchsichtige Stoffe und Flüssigkeiten [1]). Das Resultat seiner Untersuchung war erstlich: eine genauere Kenntnifs des elliptischen Polarisationszustandes, worin das Licht nach seiner Zurückwerfung von Metallen befindlich ist, und zweitens: die Entdeckung, dafs alle Stoffe ohne Unterschied, selbst beim Polarisationswinkel, elliptisch polarisirtes Licht zurückwerfen, und sonach, genau gesprochen, keine geradlinige Polarisation durch Reflexion hervorgebracht werden kann. In der dritten dieser Abhandlungen beschreibt Jamin den Apparat, mit dem diese Untersuchung bei allen spiegelnden Oberflächen ausgeführt werden kann [2]), und in der vierten Abhandlung wird dieser Apparat einigermafsen modificirt, um auch Flüssigkeiten untersuchen zu können, wobei die spiegelnde Fläche natürlich eine horizontale Lage einnehmen mufs. Schon 1846 hat Dale darauf aufmerksam gemacht, dafs Indigo, welcher polirt einen rothen Metallglanz bekommt, auch die Eigenschaft mit den Metallen gemein hat, dafs er das zurückgeworfene Licht stark elliptisch polarisirt.

2. Hierin lag für mich, nachdem ich in den Besitz eines solchen Jamin'schen Apparats gekommen war, die nächste Veranlassung, das vom Indigo reflectirte Licht einer

1) *Ann. de chim. et phys. Ser. III T. XIX, XXII, XXIX et XXXI.* (Diese Ann. Bd. LXIX S. 459. Ergänzungsbd. II S. 299 und 437; III S. 262 und 269.)

2) In der dort T. XXIX gegebenen Figur ist der Babinet'sche Compensator an dem umgekehrten Vertikalkreis angebracht.

genaueren Untersuchung zu unterwerfen, und ebenso, wie es Jamin in seiner ersten Abhandlung bei den Metallen gethan, die Untersuchung für verschiedene Punkte des Spectrums auszuführen. Als feste Punkte im Spectrum wählte ich allein die Fraunhofer'schen Linien, da die Angabe der Farbe, deren Jamin sich meistens bediente, immer einige Unsicherheit hinterläfst, und eine spätere Controle eigentlich unmöglich macht.

Mit vieler Mühe und vielem Zeitaufwand gelang es mir, zwei Stücke des besten Indigos, den ich mir verschaffen konnte, durch Reiben auf sogenanntem mechanischem Schreibpapier so zu poliren, dafs sie gut spiegelnde Oberflächen darboten, zwar hie und da mit einem Schrämmchen, was aber doch der beabsichtigten Untersuchung nicht hinderlich war.

3. Mit dem Stücke No. II habe ich als Mittel aus drei Reihen von Beobachtungen folgende Resultate erhalten:

Azimut der Polarisation des einfallenden Strahls 80°.

	J	φ	k
B	62° 33′	43° 36′	0,1679
C	60 43	45 39	0,1804
D	57 26	39 51	0,1472
E	57 15	29 06	0,0981
E^b	57 20	26 59	0,0898
F^a	57 35	26 35	0,0882
F	57 55	24 36	0,0807
G	59 16	24 36	0,0807

Das Resultat dieses Täfelchen zeigt eine sonderbare Abweichung des Indigo von den Metallen. Die erste Columne giebt den Punkt des Spectrums an, bei welchem die Untersuchung gemacht ward; die zweite Columne giebt den Winkel des Haupteinfalls, wie bei Jamin durch J bezeichnet, bei dem der Phasenunterschied der rechtwinklich auf einander polarisirten Strahlen drei Viertel des Umfangs beträgt; die dritte Columne giebt, bezeichnet mit φ, das Polarisationsazimut

des unter diesem Winkel zurückgeworfenen Strahls, nachdem der Phasenunterschied von 270° durch den Compensator fortgenommen ist; die vierte Columne endlich das Verhältnifs der Amplitude des lothrecht auf der Reflexionsebene polarisirten Strahls zu der des in dieser Ebene polarisirten, bezeichnet wie bei Jamin durch k, und erhalten, indem man einfach $\tang\varphi$ durch $\tang 80°$ dividirt.

E^b in der ersten Columne ist eine von Jamin entlehnte Bezeichnung, um die Fraunhofer'sche Linie b anzugeben; F^* ist ein Punkt, den ich in dem auf einem Schirme erhaltenen Spectrum dadurch bestimmte, dafs ich mit einem Zirkel genau die Mitte von E und F nahm.

Das Besondere, was diese Untersuchung lehrt, ist der Gang der Werthe von J. Während bei den Metallen die Werthe von J von der Linie B zu der G und H fortdauernd abnehmen, und bei durchsichtigen Körpern dieselben Werthe, als beinahe übereinstimmend mit dem sogenannten Polarisationswinkel, von B nach H zunehmend gedacht werden müssen, sehen wir sie hier erst ab- und dann zunehmen, wobei das Minimum ungefähr auf E zu liegen scheint, ein Fall, auf dessen Möglichkeit schon Jamin hinwiefs [1]). Gerade diese Abweichung von dem Bekannten zog mich näher an, machte mich aber auch schüchtern, das Resultat meiner Untersuchung mitzutheilen, wie ich es schon vor geraumer Zeit erhalten hatte.

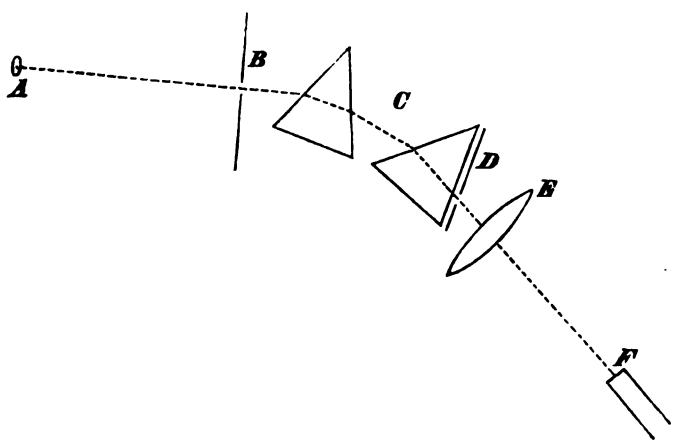
Zuerst liefs ich das Sonnenlicht durch einen engen Schlitz einfallen und durch ein einzelnes gleichseitiges Flintglasprisma von Chevallier sich brechen; darauf fügte ich hinter dem ersten noch ein Münchner gleichseitiges Prisma hinzu, brach also das Licht durch zwei Prismen. Aber noch war ich nicht zur Reinheit des Spectrums gelangt, und ich hatte hiebei ein mehr als empfindliches Erkennungsmittel, nicht allein in der Schärfe und vor Allem in der Farblosigkeit der Linien, durch welche ich nach dem von Jamin angegebenen Verfahren die Werthe des Babinet'schen Compensators für die unterscheidende halbe Wellenlänge be-

1) *Ann. de chim. Sér. III. T. XXII p. 317.*

stimmen mufste, sondern auch in den dadurch erhaltenen Werthen selbst, da diese bei vollkommener Reinheit so gut als geradezu proportional ausfallen mufsten mit der Wellenlänge der unterscheidenden Punkte in der Luft, wie sie von Fraunhofer angegeben worden sind.

4. Mit diesem Allen erhielt ich jedoch für beide Stücke Indigo Resultate, die denselben Gang wie oben zeigten; während ich zur Vergleichung die Werthe von *J* für rothes Kupfer und Stahl, die dazu in dem Döschen dem Apparat beigelegt waren, bestimmte und dabei Werthe erhielt, die, so weit es sich beurtheilen liefs, mit den Resultaten von Jamin (*Ann. chim. XXII*) wohl übereinstimmten. Inzwischen hatte ich zwei gröfsere gleichschenkliche Flintglasprismen mit brechendem Winkel von 45° auf meine Bestellung von Merz in München erhalten, und mit diesen habe ich nun in den letzten Ferien die Untersuchung wieder aufgenommen.

Das Sichtbarwerden der Fraunhofer'schen Hauptlinien ist, wie es sich mit Hülfe des Compensators ergiebt, kein genügendes Kennzeichen der Reinheit des Spectrums. Um eine gröfsere Reinheit zu erreichen, ging ich so zu Werk:



A ist eine cylindrische Linse von kurzer Brennweite, die ich von Berthaud in Paris gekauft hatte. *B* ist ein Holzschirm mit einem verticalen Schlitz von ungefähr vier Mllm; *C* sind zwei Münchener Prismen; *D* ist ein Schirm mit ungefähr gleichem Schlitz, dicht hinter dem zweiten Prisma (einfach ein geschwärztes Kartenblatt mit umgebogenem Rand auf das Prisma gehängt). *E* ist das achromatische Objectiv eines Münchener Kometensuchers, und *F* der Polarisator des Jamin'schen Apparats. Das Sonnenlicht fällt nach Zurückwerfung auf die Linse *A*, wird in deren Brennpunkt in eine feine Linie zusammengezogen und fällt nun durch den Schlitz in *B* auf die Prismen. Die Linse *E* ist ungefähr um ihre doppelte Brennweite von *A* entfernt. Die Prismen stehen natürlich auf dem Minimum der Ablenkung. Durch eine kleine Verstellung des Schirms *B* ist es dann möglich, von dem mit *F* aufgefangenen Spectrum einen gröfseren oder kleineren Theil des rothen oder violetten Endes wahrzunehmen. Der Apparat in *F* wird dann so gestellt, dafs die Fraunhofer'sche Linie, für welche beobachtet werden soll, auf die Mitte der Oeffnung von *F* fällt, und sowohl dort, als an der Vorderfläche des Compensators an dem anderen Verticalkreise möglichst gut und scharf gesehen wird.

5. Auf diese Weise ging ich aufs Neue ans Werk und nahm durch Verstellung von *B* einen Theil vom rothen Ende des Spectrums fort, wenn ich im Blauen oder Violetten beobachtete, und umgekehrt einen Theil des violetten Endes, wenn ich im Rothen oder Orange beobachtete. Das Merkmal der genügenden Reinheit bestand dann einerseits in der Reinheit und Farblosigkeit der Linien links und rechts vom Nullpunkt des Compensators, deren gegenseitigen Abstand ich messen mufste, um die Werthe der halben Wellenlänge in Theilen des Compensators auszudrücken, und andererseits in dem sonach für die unterscheidende Wellenlänge erhaltenen Werthe selbst. Bei dieser Bestimmung zeichnete ich dann zugleich auf (siehe die Anmerkungen in der folgenden Tafel) wieviel ich links und rechts

von dem Spectrum ungefähr fortgenommen hatte, um die verlangte Reinheit zu erhalten, um später desto bequemer wieder ein gleichartiges Spectrum hervorbringen zu können. Früher schon hatte sich mir gezeigt, dafs bei der Bestimmung die Mikrometerschraube des Compensators keine genügende Verstellung des beweglichen Quarzstückes nach der Linken zuliefs, um für die Fraunhofer'sche Linie *B* auch links von dem Nullpunkt eine Messung zu bewerkstelligen; ich liefs daher in dem Compensator einen dritten Verticaldraht ausspannen, wodurch der Nullpunkt für diesen besonderen Fall ungefähr 5 Millimeter nach rechts zurückgebracht wurde. Ich erhielt die folgenden Werthe, deren jeder das Mittel aus sechs Messungen links und rechts vom Nullpunkt ist.

	A	λ	$\frac{A}{\lambda}$	Ex. μ	Or. μ	Diff.	B	Spectrum:
B	16,31	0,6878	23,72	1,5499	1,5409	0,0090	21,35	bis $\frac{1}{3}$ (Abstand *F*
C	15,58	0,6564	23,74	1,5508	1,5418	90	21,38	und *G*) über *F*
D	14,10	0,5888	23,95	1,5533	1,5442	91	21,79	bis $\frac{1}{3}$ (*F*, *G*) über *G*
E	12,57	0,5260	23,88	1,5563	1,5471	92	21,97	unverkürzt
*E**	12,40							do.
*F**	11,96							bis $\frac{1}{3}$ (*F*, *G*) über *G* und bis Roth
F	11,56	0,4843	23,87	1,5589	1,5496	93	22,20	bis $\frac{2}{3}$ (*F*, *G*) über
G	10,21	0,4291	23,77	1,5636	1,5542	94	22,34	*G* und bis Roth

Die Columne *A* giebt die am Compensator gefundenen Werthe; λ die Wellenlänge in der Luft nach Fraunhofer, ausgedrückt in Tausendsteln des Millimeters; die dritte Columne die Werthe der ersten dividirt durch die der zweiten; die beiden folgenden enthalten die Coëfficienten der Brechung des aufserordentlichen und des ordentlichen Strahls nach Rudberg's Bestimmung, die durch Ponton [1]) als sehr genau bezeichnet worden sind; die nächstfolgende giebt den Unterschied zwischen den Werthen der vorhergehenden; und endlich *B* die Gröfse $\frac{A}{\lambda}$ multiplicirt mit dem Hundertfachen dieses Unterschiedes. Die Zahlen dieser letzten Columne *sollten nun einander* vollkommen gleich seyn; al-

1) *Phil. Mag. Ser. IV Vol. XIX p.* 264.

lein statt dessen steigen sie regelmäfsig. Und doch glaube ich, es hiebei bewenden lassen zu müssen, hauptsächlich weil ich kein Mittel sehe, eine gröfsere Reinheit zu erlangen und dabei eine für meine Versuche hinreichende Lichtstärke zu behalten. Es bleibt durch das ganze Spectrum immer einige Unreinheit zu erwarten, da man bei diesen Versuchen nicht in parallelem, sondern in divergirendem oder convergirendem Licht beobachtet; vor allem aber wird auch immer diffuses Licht durch das ganze Spectrum verbreitet und besonders an den Enden übrig bleiben, einerseits weil das Glas nicht vollkommen durchsichtig ist und immer einiges Licht zerstreuen mufs, vornehmlich an den Flächen des Einfalls und des Austritts, und weil die Ränder des angewandten Schirms gleichfalls zur Zerstreuung mitwirken müssen, und andererseits, obwohl in geringerem Grade, weil die Schlitzbilder in den verschiedenen Farben übereinader fallen. Ich gebe also zu, dafs ich nicht zu vollkommener Reinheit der unterscheidenden Farbe gekommen bin; allein diefs kann keinen Zweifel auf die Genauigkeit des von mir erlangten Resultates werfen, weil bei der von mir befolgten Methode die in den Werthen der Wellenlängen zurückgebliebenen Fehler eliminirt werden, und weil die rückständige Farbe in den Nebenstreifen kein Gewicht genug hat, um die Farben, um welches es sich handelt, zu überstimmen; mit anderen Worten: ich halte die Schärfe und Farblosigkeit der Streifen im Compensator für genügend. Diese Untersuchung hat mich indefs sehr Vieles gelehrt, namentlich, dafs man bei diesen und ähnlichen Untersuchungen, wo von einem sehr reinen Spectrum gesprochen wird, keine allzu hohe Meinung von dieser Reinheit haben darf, und überdiefs habe ich in dem Babinet'schen Compensator, verbunden mit zwei Nicol'schen Prismen, ein sehr brauchbares Hülfsmittel zur Beurtheilung der Reinheit und Homogenität einer Farbe kennen gelernt.

6. Mit diesen Werthen für die halbe Wellenlänge habe *ich denn* eine neue Untersuchung am Indigo vorgenommen *und dadurch* das im Artikel 2 angegebene Resultat erhal-

ten. Der Compensator wurde dazu links und rechts vom Nullpunkt um den Werth einer Viertelwelle versetzt, und dann mit dem Zerleger und dem reflectirenden Indigostück aus der Richtung des einfallenden Lichtes fortgeschoben und soweit links oder rechts um den Mittelpunkt des horizontalen Kreises gedreht, bis der inzwischen durch den zerlegenden Nicol hervorgebrachte dunkle Streif in dem reflectirten Licht zwischen die verticalen Drähte zu liegen kam. Bei diesem Stand war dann der Winkel zwischen den Richtungen des polarisirenden und des zerlegenden Nicols das Doppelte von dem Winkel des Haupteinfalls. Durch Messung oder besser Einstellung links und rechts vom Nullpunkt des horizontalen Kreises, durch Stellung des Polarisators links und rechts von seinem Nullpunkt auf das Azimut von 80°, durch Ablesung des zerlegenden Nicols links und rechts von seinem Nullpunkt und endlich durch Stellung des Babinet'schen Compensators links und rechts von seinem Nullpunkt auf eine Viertelundulation, wurde ich unabhängig von der wahren Lage des unterscheidenden Nullpunktes, und dabei wurde der Fehler in dem Werthe der Wellenlänge auf dem Compensator eliminirt. Sonach ist denn jede Messung das Resultat von sechszehn Ablesungen, und überdiefs wird jeder Fehler in der Ablesung des Winkels vom Haupteinfall sogleich auf die Hälfte zurückgeführt, weil man immer den doppelten Winkel abliest. Die Resultate in Art. 2 sind ferner jeder das Mittel aus drei solchen Messungen. Allein *ein* Fehler läfst sich nicht compensiren, nämlich der, welcher aus einer Abweichung der Reflexionsfläche oder des Kreises von der Horizontalität hervorgeht; dadurch werden alle Winkel im Art. 2 etwas zu klein seyn können; allein dieser Fehler wird alle gleichmäfsig treffen. Den Jamin'schen Apparat, so wie ich ihn während dieser Untersuchung näher kennen lernte, halte ich nicht für genau, doch ist er mit Rücksicht auf die vielen Unsicherheiten der Einstellung, besonders in Betreff des Azimuts, ge-

nügend und beim gegenwärtigen Zustand der Wissenschaft brauchbar.

7. Um von den im Laufe dieser Untersuchung erhaltenen Resultaten nichts verloren gehen zu lassen und Alles zur Vergleichung anzuführen, will ich auch die minder vollkommenen Resultate hier niederlegen. Die Fehler des Nullpunkts wurden hier auf dieselbe Weise eliminirt, wie zuvor. Ich gebe sie ferner ohne einige Bemerkungen; sie sind alle auf das Resultat einer Messung gegründet und jede Messung auf 8 oder 16 Ablesungen, und die für λ erhaltenen Werthe A sind das Mittel aus sechs Messungen links und rechts vom Nullpunkt des Compensators.

Mit dem gleichseitigen Prisma von Chevallier
Polarisationsazimut 80°.

		Indigo I		Indigo II	
	A	J	φ	J	φ
B	16,26	60° 42′	40° 55′	62° 46′	39° 45′
C	15,67	59 36	45 0	62 25	49 52
D	14,10	57 17	36 21	57 39	39 17
E	12,51	56 37	26 50	57 42	27 16
F	11,60	57 45	22 51	57 28	23 15
G	10,61	57 56	21 9	58 50	19 17

Brechung durch das Chevallier'sche und das erste Münchener Prisma

		Indigo II Polarisationsazimut 80°		Stahl Polarisationsazimut 70°	
	A	J	φ	J	φ
B	16,08	62° 14′	40° 24′	76° 40′	56° 24′
C	15,72	61 16	43 31	77 5	56 21
D	14,10	57 33	40 6	76 46	56 52
E	12,52	57 27	26 14	76 0	56 57
F	11,64	57 54	21 17	75 19	58 20
G	10,68	58 55	18 22	74 37	57 51

brechung durch das Chevallier'sche und das erste Münchener Prisma.

Rothes Kupfer
Polarisationsazimut 80°.

	A	*J*	*φ*
B	16,08	68° 5′	71° 9′
C	15,72	68 17	72 19
D	14,10	66 46	72 32
E	12,52	65 3	68 37
F	11,70	64 59	68 38
G	10,34	63 53	65 2

Durch einen Fehler bei der Einstellung des Compensa- s wurden hier die Werthe von *F* und *G* ein wenig ab- ichend gefunden.

8. Die cylindrische Linse empfing bei meinen Versu- n das zurückgeworfene Sonnenlicht von einem hinten silberten Spiegel, den ich, wie auch Fraunhofer that, n Zeit zu Zeit einfach mit der Hand verrückte, um das ht auf die Prismen zu halten. Wie aus Jamin's Ver- hen hervorgeht, ist Silber das Metall, welches am mei- n Licht zurückwirft, und deshalb jedem anderen vorzu- hen. Das fortdauernde Verstellen des Spiegels mit der nd scheint lästig zu seyn und ist auch in der That öf- s unangenehm; allein durch den Gebrauch einer cylin- schen Linse statt eines engen Schlitzes wird diese Mühe die Hälfte reducirt, weil man dann sehr lange mit *einer* wegung des Spiegels ausreicht, und man so nur an einem opf zu drehen braucht, nämlich an dem, wodurch der iegel um die Queraxe bewegt wird, während die Ver- llung des Spiegels um die Normale der Fläche von dem nster sehr lange aufser Acht gelassen werden kann.

9. Hinsichtlich der Natur der dem Lichte durch In- o mitgetheilten elliptischen Polarisation habe ich noch zuführen, dafs dieser Stoff, wie die Metalle und die rker brechenden Stoffe, nach Jamin sowohl für rothes e für gelbes und blaues Licht zu den *positiven* gehört.

Die Thatsache, um deren Mittheilung mir es zu thun , *wird sicher nicht allein* stehen; Indigo wird wohl nicht

der einzige Stoff seyn, welcher einen solchen eigenthümlichen Gang in den Winkeln des Haupteinfalls zeigt. Es sind verschiedene Stoffe, welche hier in Betracht kommen, zunächst die in der Abhandlung von Dale[1]) genannten Stoffe und ferner die, welche in Haidinger's Abhandlung über die *Körper*- und *Oberflächen*-Farben vorkommen [2]). Ich suchte dafür nach Stoffen, die als Pulver eine ganz andere Farbe in dem zerstreuten Lichte geben als polirt in dem reflectirten; zunächst kommen hier in Betracht: Zinnober, Berlinerblau und Blutstein. Ein Stück von polirtem *lapis haematites* besitze ich bereits, und ich bin nun damit beschäftigt, einen polirten Spiegel von Berlinerblau zu machen, einen Stoff, der in optischer Hinsicht so sehr viel mit dem Indigo gemein hat. Ich selbst bin sehr begierig zu wissen, was mich die Untersuchung lehren wird. Ich vermuthe und hoffe dafs durch die hier besprochene Thatsache ein neuer Gesichtspunkt in Betreff des so dunklen Ursprungs der Körperfarben geöffnet, und somit eine Ergänzung zu der eben genannten schönen Abhandlung von Haidinger geliefert werden wird.

II. Die Reflexionsconstanten für Blutstein (*lapis haematites*).

1. Die schönen Herbstage haben mir schneller als ich hoffen durfte, Gelegenheit gegeben, meine Untersuchungen über die Reflexionsconstanten fortzusetzen. Ich habe das helle Wetter benutzt, um eine Untersuchung an dem Blutstein (beinahe reinem Eisenoxyd) auszuführen, der einen rothen Farbstoff bildet und polirt stahlgraues Licht zurückwirft, somit, wie der Indigo, einen grofsen Gegensatz zwischen dem zerstreuten und dem regelmäfsig zurückgeworfenen Lichte darbietet.

Ich erhielt folgende Resultate:

1) *Report of the British Association* 1845 *p.* 5.
2) Berichte d. Wiener Akad. 1852. Bd. VIII S. 97.

		Polarisationsazimut des einfallenden Lichts					
		75° Blutstein			70° Stahl		
	A	J	φ	k	J	φ	k
B	16,31	66° 57′	17° 19′	0,0835	76° 51′	55° 13′	0,5240
C	15,58	67 6	19 16	0,0937	76 34	55 34	0,5309
D^*	14,66	67 15	21 55	0,1078	76 19	55 45	0,5346
D	14,10	67 55	23 0	0,1137	75 58	55 42	0,5336
E	12,57	67 50	30 55	0,1568	75 28	56 34	0,5513
E^b	12,40	67 47	31 35	0,1647	75 20	56 49	0,5495
F^*	11,96	67 39	33 35	0,1779			
F	11,56	67 37	34 37	0,1850	75 12	56 54	0,5583
G^*	10,82				74 34	57 24	0,5691
G	10,21	66 29	41 25	0,2364	74 22	57 44	0,5765

D^* ist ein Punkt im Spectrum, den ich auf einen Schirm dadurch bestimmte, dafs ich mit einem Zirkel die Mitte nahm zwischen den Fraunhofer'schen Linien C und D.

Die Columne A giebt die Werthe einer halben Wellenlänge am Babinet'schen Compensator an, und diese sind, aufser für D^*, alle schon in meiner Untersuchung über die Constanten des Indigos angegeben. Die Resultate für J und φ sind das Mittel aus zwei Reihen von Beobachtungen, in deren jeder jede Messung auf 16 Ablesungen beruht, nach der Methode, die ich in jener Untersuchung näher beschrieben habe.

2. Der Gang der Werthe von J bestätigt vollkommen die Vermuthung, auf die ich durch die Resultate beim Indigo gekommen war, dafs nämlich diejenigen Stoffe, deren diffuse Farbe einen bedeutenden Gegensatz bildet zu der Farbe, welche sie, polirt, regelmäfsig zurückwerfen, sich rücksichtlich des Werthes von J für die Farbe des diffusen Lichts verhalten müssen, wie *durchscheinende* Stoffe. Daher müssen hier die Werthe von J für das Gelb und Grün nach dem Rothen abnehmen, während sie beim Indigo nach dem blauen und violetten Ende abnehmen müssen. Das Maximum von J scheint hier bei etwa D oder E zu liegen. *Wenn es mir* gelingt Berlinerblau zu poliren, *wird sich zeigen, dafs es sich* wie Indigo verhält; und kann

ich ein polirtes Stück Zinnober bekommen, wird es sich ungefähr wie Blutstein verhalten. Für den Augenblick sehe ich noch keine Gelegenheit, Zinnober und Berlinerblau zu poliren.

Ueber die obigen Resultate habe ich nur noch zu sagen, dafs die Reflexionsfläche ungefähr lothrecht stand auf den Krystallisationsstrahlen des *Lapis haematites*, und dafs dieser wieder zu den positiven Stoffen Jamin's gehört.

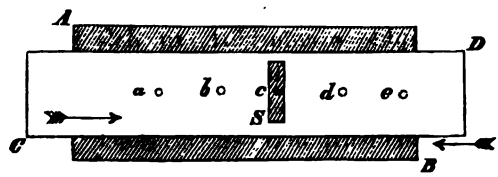
Ich mufs sehr bedauern, dafs unter allen, von Haidinger in seiner Abhandlung genannten Stoffen so wenige sind, die in hinlänglich harten und grofsen Stücken erhalten werden können, um daran eine polirte Fläche zu schleifen.

3. Zur Vergleichung habe ich auch noch die Resultate angegeben, welche ich dieser Tage erhielt mit dem selben Stückchen Stahl, welches die in meiner vorherigen Arbeit angeführten Resultate geliefert hatte. G^* ist ein im Spectrum durch einen unbenannten dunklen Strich bezeichneter Punkt, ungefähr in der Mitte zwischen F und G, doch näher an G gelegen. Die Resultate sind nun das Mittel aus zwei Reihen, worin jede Messung wieder auf 16 Ablesungen beruht um den Fehler der unterscheidenden Nullpunkte zu eliminiren, wie es auch bei den anderen Beobachtungen der Fall war.

VII. *Ueber eine neue Art anorthoskopischer Zerrbilder; von F. Zöllner.*

Unter dem Namen des Anorthoskops hat Plateau [1]) eine Vorrichtung beschrieben, welche im Wesentlichen darin besteht, dafs ein auf einer rotirenden Scheibe befindliches und nach der Rotations-Richtung hin verzerrtes Bild dadurch wieder proportionirt gesehen wird, dafs man gleichzeitig vor diesem Bilde eine andere mit einer oder mehreren Spalten versehene Scheibe nach der entgegengesetzten Richtung hin rotiren läfst.

Es beruhen diese Erscheinungen wie bekannt auf der Dauer des Lichteindrucks im Auge und der folgende einfache Versuch reicht vollkommen hin, sich von den wesentlichsten der hierbei auftretenden Erscheinungen Rechenschaft zu geben.



Es mögen sich auf einem Streifen Papier AB eine Reihe gleich weit abstehender Punkte $a\ b\ c\ d$ befinden. Dicht über diesem Streifen werde ein anderer Streif CD mit einem Spalt S im Sinne des Pfeiles hin und her verschoben. Setzen wir zunächst voraus, es verändere der darunter liegende Streif AB nicht seine Lage, so wird man bei der angedeuteten Bewegungsrichtung des Spaltes die einzelnen Punkte der Reihe nach von a bis e erblicken.

Ist hierbei die Bewegung des Spaltes eine so grofse, dafs die Zeit, welche er gebraucht, um von a bis e zu ge-

1) *Bull. de l'Acad. de Bruxelles III*, p. 7 und 364. Pogg. Ann. Bd. XXXVII, S. 464. Vergl. auch Helmholtz, Physiologische Optik S. 352.

langen kleiner ist als die Dauer des momentanen Lichteindrucks eines dieser Punkte, so wird man dieselben nicht mehr *nacheinander*, sondern gleichzeitig *nebeneinander* erblicken müssen.

Befindet sich hierbei, wie vorausgesetzt wurde, der Streifen mit den Punkten in Ruhe, so erblickt man durch den bewegten Spalt die Punkte in ihrem wirklichen Abstande. Anders verhält es sich aber bei gleichzeitiger Bewegung der Punkte nach entgegengesetzter Richtung. Man sieht alsdann, je nach der Gröfse dieser Bewegung die Punkte näher zusammenrücken.

Auf diesem Zusammenrücken der Punkte beruhen nun alle Erscheinungen des Plateau'schen Anorthoskops und ähnlicher Vorrichtungen; es mag mir daher gestattet seyn, auf diese Fundamentalerscheinung mit wenigen Worten etwas näher einzugehen, um ihren Unterschied von den später anzuführenden Erscheinungen deutlicher hervortreten zu lassen.

Angenommen es habe der Spalt zu einer bestimmten Zeit mit dem Punkte c coïncidirt, so dafs man momentan hierdurch jenen Punkt erblickte. Während sich nun der Spalt mit gleichförmiger Geschwindigkeit um die Gröfse x von jenem Coïncidenzpunkt ausgerechnet weiter bewegt hat, begegnet er hier dem Punkte d und es wird abermals ein momentaner Lichteindruck auf der Retina hervorgebracht. Denken wir uns die beiden Punkte, an denen diese Coïncidenzen stattfinden, auf eine zu der Bewegungsrichtung parallelen Ebene projicirt, so ist der Abstand dieser Punkte gleich dem Wege, welchen der Spalt in der Zwischenzeit zurückgelegt hat, daher gleich x. Ist nun d die constante Entfernung zweier Punkte auf dem Papierstreifen, c die Geschwindigkeit, mit welcher sich derselbe bewegt und c' die Geschwindigkeit des Spaltes nach der entgegengesetzten Richtung, so hat man die Gleichung

$$\frac{x}{d-x} = \frac{c}{c'}$$

also

$$x = \frac{cd}{c+c'}.$$

Setzen wir an Stelle der oben erwähnten Projectionsebene die Netzhaut des Auges, so begreift man, wie ein Bild entstehen mufs, in welchem die Punkte auf dem bewegten Streifen Papier näher zusammengerückt erscheinen. Ob man diese Punkte gleichzeitig oder nacheinander erblickt, wird ganz von der Geschwindigkeit des bewegten Spaltes abhängen.

Bewegt man an Stelle der Punkte Figuren hinter dem Spalt z. B. ein Quadrat oder einen Kreis etc., so erscheinen diese in der Richtung der Bewegung zusammengedrückt oder verkürzt. Also der Kreis als eine Ellipse, das Quadrat, je nach der Bewegungsrichtung bald als ein Rechteck bald als ein Rhombus. Alle diese Erscheinungen lassen sich einfach aus dem oben ausführlich besprochenen Versuche mit den Punkten ableiten und beruhen, wie wir gesehen haben, auf der Dauer des Lichteindrucks im Auge. Man könnte daher auch die entstehenden Zerrbilder mit Hülfe einer Camera obscura photographiren, wobei natürlich die Schärfe der Contouren wesentlich durch die Feinheit des Spaltes bedingt würde.

2. Ich habe nun gefunden, dafs ähnliche Verzerrungen wie die oben erwähnten auch bei Verschiebung der Figuren hinter einem *ruhenden* Spalte eintreten, und man sieht sogleich, dafs alsdann bei ebenfalls ruhendem Auge die Erklärung dieser Erscheinungen nicht aus der Dauer des Lichteindruckes abgeleitet werden kann. Denn, bewegt man unter diesen Bedingungen irgend eine Figur hinter dem Spalte, so verschieben sich in der Richtung desselben zwei oder mehrere Punkte (oder Linienstücke), welche als solche im ruhenden Auge nur den Eindruck einer Linie von der Form des Spaltes zurücklassen können. Nichtsdestoweniger sieht man deutlich das Zerrbild ganz wie in den vorherbesprochenen Versuchen.

Nimmt man indessen hierbei Bewegungen des Augapfels an, welche denen der hinter dem Spalt bewegten Figur

gleichgerichtet, aber langsamer als diese sind, so kommt dasselbe Erklärungsprincip wie für die oben besprochenen Erscheinungen in Anwendung, indem jetzt durch die Bewegung der Netzhaut successiv verschiedene Stellen derselben den Lichteindruck von je zwei ungleich weit entfernten Punkten der bewegten Figur aufnehmen. Durch die Dauer der hierdurch nacheinander entstehenden Lichteindrücke wird ebenfalls eine Figur gebildet, welche in der Richtung der Bewegung zusammengedrückt erscheint. Die Stärke der Verzerrung mufs alsdann von der Gröfse der supponirten Augenbewegung abhängen, und zwar im umgekehrten Verhältnifs zu derselben stehen.

Ehe ich auf diese Erklärung, welche ich einer gütigen, schriftlichen Mittheilung des Hrn. Prof. Helmholtz verdanke, näher eingehe, will ich zunächst die hier einschlagenden Versuche mit der Ausführlichkeit beschreiben, welche einen Jeden in den Stand setzt, dieselben ohne Mühe sofort anzustellen.

Man schneide in etwas steifes dunkles Papier einen Spalt von ungefähr 2 Millimeter Breite und 40 Millimeter Länge. Alsdann zeichne man auf weifsem, ebenfalls etwas steifem Papiere mit tief schwarzen und breiten Contouren einfache Figuren, am besten einen Kreis oder ein Quadrat, und schiebe dann diese Figuren, dicht an dem Spalt anliegend, hinter demselben und senkrecht zu ihm ziemlich schnell hin und her. Bewegt man anfangs den Spalt gleichzeitig nach der entgegengesetzten Richtung, so erblickt man die oben zuerst beschriebenen und erklärten Verzerrungen. Hält man dann den Spalt ruhig und bewegt nur die Figuren hinter demselben in der angedeuteten Weise hin und her, so sieht man dessenungeachtet immer noch die Zerrbilder, und zwar bei einer gewissen Gröfse der Bewegung eine Verkürzung der Dimensionen im Sinne der Bewegungsrichtung.

Eine Verzerrung im entgegengesetzten Sinne tritt jedoch ein, wenn man die Figur (am besten den Kreis) *langsam* hinter dem Spalt hin und her schiebt. Allerdings sieht man

dann nicht, wie früher, die Contouren *gleichzeitig*, sondern man gelangt durch die successive im Spalt erblickten Theile des Kreises zu dem Schlufs, es bewege sich hinter dem Spalt eine lang gestreckte Ellipse, deren grofse Axe parallel der Bewegungsrichtung liegt. Auf diese Art der Verzerrungen bei langsamer Bewegung der Figur, hatte Hr. Prof. Helmholtz die Güte meine Aufmerksamkeit gelegentlich einer Mittheilung zu lenken, welche ich ihm über die Verzerrungen der Bilder bei ruhendem Spalte und schneller Bewegung der Figuren machte.

Dafs die Erklärung gerade dieser zuletzt erwähnten Gattung von Zerrbildern eine rein psychologische seyn mufs, leuchtet ohne weitere Betrachtung ein. Wir sehen z. B. bei einem Kreise, welcher hinter dem Spalt hin und her geschoben wird, nichts weiter als zwei Stückchen des Kreisumfanges, welche sich bald schneller, bald langsamer nähern oder entfernen; indem wir nun die Gröfse der Verschiebung überschätzen, schliefsen wir auf eine Ellipse, welche sich hinter dem Spalte bewegt.

Woher aber diese Ueberschätzung kommt und welche Bedeutung diejenige Geschwindigkeit habe, bei der wir auf eine Figur schliefsen, welche mit der hinter dem Spalt bewegten wirklich übereinstimmt, diefs bleibt noch zu erklären übrig.

Weniger evident ist das Erklärungsprincip für die Zerrbilder bei ruhendem Spalt und *schneller* Bewegung der Figur.

Setzt man hierbei keine Augenbewegungen von der oben angedeuteten Art voraus, so bliebe ebenfalls nur das psychologische Erklärungsprincip übrig, indem alsdann auf der Netzhaut durch die bewegten Punkte lediglich die Spur einer geraden Linie von der Form des Spaltes zurückbleiben könnte, und daher das Netzhautbild wesentlich von dem dadurch erzeugten Vorstellungsbilde abweichen würde. Es wird sich also darum handeln, zu untersuchen, ob die besagten Augenbewegungen in der That stattfinden, und

zum Zustandekommen der Zerrbilder bei ruhendem Spalt und schneller Bewegung der Figur nothwendig erforderlich sind.

Folgende Umstände scheinen entschieden für die Existenz der Augenbewegungen zu sprechen.

a. Die meisten Personen sehen die Verzerrungen dann erst deutlich eintreten, wenn man anfangs Spalt und Bild gleichzeitig, aber nach entgegengesetzten Richtungen, bewegt. Hat man hierdurch erst eine bestimmte Vorstellung von dem Zerrbilde erlangt, so kann man alsdann auch den Spalt ruhen lassen und nur die Figur bewegen, ohne hierdurch den Effect zu stören. Gleichzeitig ist man sich dann aber auch ganz bestimmter Augenbewegungen bewufst, welche in gleichem Sinne der Bewegung der Figur ausgeführt werden. Diese Bewegungen des Augapfels kann man auch leicht durch einen zweiten Beobachter constatiren lassen.

b. Betrachtet man bei gleichbleibender Geschwindigkeit der Verschiebung die Zerrbilder aus verschiedenen Entfernungen, so findet man, dafs im Allgemeinen die Verzerrungen in grofser Nähe stärker sind als in der Entfenung. Je kleiner nämlich die Oscillationen der Augenaxen im Vergleich zur Gröfse der scheinbaren Verschiebung sind, desto gröfser mufs auch die Verzerrung seyn. Daher werden beim Betrachten aus grofser Entfernung kleinere Oscillationen des Auges erforderlich seyn, um denselben Grad der Verzerrung wie bei grofser Nähe zu erzeugen.

c. Führt man während der Betrachtung der Zerrbilder willkürliche Bewegungen des Kopfes aus, so sieht man hierdurch Aenderungen in den Dimensionen der Zerrbilder eintreten.

Alle diese Umstände sprechen für das Vorhandenseyn der vorausgesetzten Augenbewegungen und ich will jetzt einige Versuche anführen, welche nur zeigen sollen, dafs unter gewissen Bedingungen diese Bewegungen des Auges zum Zustandekommen der Zerrbilder nicht unumgänglich nothwendig sind.

Fixirt man nämlich eine Marke, etwa einen kleinen

Strich, welchen man nicht weit von der Mitte des Spaltes angebracht hat, und beobachtet nun im indirecten Sehfelde die bewegten Linienstücke im Spalte, so ist es mir und anderen Personen, welche im indirecten Sehen nicht ganz ungeübt sind, trotz des nun ruhenden Auges, möglich, die besagten Zerrbilder wahrzunehmen. Ein anderer Beobachter ist dann auch nicht im Stande, irgend welche Bewegungen am Auge zu erkennen. Aufserdem tritt auch für manche Personen schon bei einer so langsamen Verschiebung eine Verkürzung resp. Zusammendrückung der Figur im Sinne der Bewegungsrichtung ein, dafs hierbei schwerlich von einer Dauer des Lichteindruckes die Rede seyn kann.

Für diesen Fall nun, wo das Auge ruht, würde die Erklärung der Zerrbilder übereinstimmend seyn mit derjenigen, welche oben für die Verzerrungen bei *langsamer* Bewegung gegeben wurde. Nur müfste man annehmen, dafs bei schneller Bewegung der Figur die Verschiebungsgröfse *unterschätzt* würde, während sie, wie wir gesehen haben, bei langsamer Bewegung *überschätzt* wird.

Aufserdem müfste bei den Verzerrungen durch schnelle Bewegung die Vorstellung von der hinter dem Spalte bewegten Figur so intensiv werden, dafs wir das Erinnerungsbild als ein wirklich auf der Netzhaut vorhandenes betrachten.

Auch der folgende Versuch scheint dafür zu sprechen, dafs eine uns unbewufste Combinationsthätigkeit beim Zustandekommen der zuletzt besprochenen Zerrbilder mit im Spiele ist.

Man zeichne einen spitzen Winkel von ungefähr 50 Millimeter Schenkellänge, und verschiebe denselben dicht hinter dem ruhenden Spalt, stets senkrecht zu diesem, hin und her, jedoch so, dafs weder der Scheitelpunkt, noch die Enden der Schenkel, den Spalt passiren.

Mir und den meisten anderen Personen, denen ich diesen Versuch zeigte, ist es alsdann nicht möglich, die bewegten Linienstücke zu zwei convergirenden Linien zu *combiniren, sondern wir sehen* einfach die durch den Spalt

erblickten Linienstücke in demselben hin und her rücken. Der Effect ändert sich aber sofort, sobald man die Verschiebung vergröfsert, so dafs entweder die Endpunkte der Schenkel oder der Scheitelpunkt den Spalt passiren. Alsdann erblickt man deutlich einen weit weniger spitzen resp. stumpfen Winkel mit viel kürzeren Schenkeln, als die hinter dem Spalt verschobene Figur hat. Das Merkwürdige hierbei ist der Umstand, dafs unsere Combinationsthätigkeit sofort die beiden hin und her bewegten Linien zu einem Gesammtbilde vereinigt, sobald die hierzu erforderlichen Momente ausreichend sind. Im vorliegenden Falle genügt hierzu die Wahrnehmung des Scheitelpunktes oder der Enden der beiden Schenkel.

Die hier beschriebenen Versuche können theils durch die Form und Anzahl der Spalte, theils durch Geschwindigkeitsänderungen mannigfach modificirt werden. Wahrhaft fruchtbringend versprechen indessen diejenigen Versuche zu werden, welche auf zweckmäfsige Weise die Geschwindigkeit der Verschiebung und die Gröfse der Verzerrung zu messen gestatten.

Schliefslich ist noch zu bemerken, dafs auch theilweise Verzerrungen eintreten, wenn man eine Figur, z. B. einen Kreis oder einen Quadrat, an irgend einer Kante, z. B. der eines Bogens Papier, schnell hin und her schiebt, so dafs die Figur abwechselnd verschwindet und wieder zum Vorschein kommt. Ob auch hierbei bestimmte Augenbewegungen zur Erzeugung der genannten Verzerrungen erforderlich sind, wage ich vorläufig noch nicht zu entscheiden.

Leipzig, im October 1862.

VIII. *Entlader für Reibungselektricität;* *von Dr. F. Plettner,*

Lehrer an der Gewerbschule in Stralsund.

› vortrefflich der gebräuchliche Auslader von Henley ı zur Anstellung der verschiedenen Entladungsversuche net, so läfst sich doch nicht leugnen, dafs die Anwen- ıg und namentlich die Aufbewahrung desselben mit man- ırlei Unbequemlichkeiten verbunden ist; ich glaube da- , dafs Manchem mit der hier zu beschreibenden verän- ten Form gedient seyn möchte, da sie mit allen Vor- ilen des Henley'schen Ausladers noch die Annehmlich- t der Raumersparnifs verbindet und sich bereits durch en achtjährigen fortgesetzten Gebrauch vollständig be- ırt hat. Sie ist abgebildet in Fig. 4 Taf. VI.

Auf einem stabilen Holz- oder Metallfufse ist eine nicht u schwache, gut isolirende Glasstange von möglichst cy- lerischer Gestalt aufgerichtet; auf derselben lassen sich ıi Messingfassungen (*A* und *B*), die mit Tuch oder Le- gefüttert sind, verschieben und durch Klemmschrauben jeder Stelle befestigen. Diese Fassungen sind seitlich kleinen Hülsen (*C*) versehen, durch welche sich Drähte ieben und festklemmen lassen. An das obere Ende der ssäule ist eine dritte Fassung (*D*) gekittet und diese ;t einen Messingarm (*E*), an dessen Ende sich ein Mes- ;draht (*F*) in einer kleinen Hülse vertical auf- und ab- eben und an jeder Stelle durch eine kleine Schraube ıstigen läfst. Der Draht selber hat oben einen Knopf einer kleinen Schraubenmutter und unten sind eben- ı einige Schraubengänge angeschnitten. Aufserdem ist jede der Messingfassungen noch ein kleiner Ring (*G*) an- ıthet, um die nöthigen Entladungsketten einhängen zu ınen. Ein Gelenkdraht (*H*) von beliebiger Länge wird ıerseits an eine der Fassungen, andererseits an den Ent- *ungsstab mit Federhaken* angehängt. Der Entladungs-

stab (*I*) trägt an seinem Ende eine Messingkugel und ist mittels einer Glasröhre isolirt an einem Griffe befestigt. Bei der Zündung von Schiefspulver usw. wird der Gelenkdraht durch eine feuchte Schnur ersetzt.

Ein ringförmig gebogener Draht mit Stiel (*K*), welcher als Tisch dient, kann nach Bedürfnifs entweder an der Messingfassung *A* oder *B* eingesteckt oder beliebig weit herausgeschoben werden.

Ein rechtwinklig umgebogener Messingdraht (*L*), der an seinem kürzeren Ende ein Schraubengewinde hat, kann auf gleiche Weise an der Säule befestigt werden.

Zwei Haken von der Form M, eine Gabel von der Gestalt N, zwei Kugeln (*O*), zwei Spitzen (*P*), zwei Federpincetten (*S*) und eine kleine Blechschale (*R*) vervollständigen den Apparat und sind mit Schraubenmuttern versehen, um an die Drähte *F* und *L* angeschraubt werden zu können. Die Verwandlung dieser verschiedenen Stücke bei den einzelnen Entladungsversuchen bedarf kaum einer genaueren Auseinandersetzung, und mag nur angeführt werden, dafs, je nachdem man den Tisch *K* in die Fassung *A* oder *B* eingeschraubt, es leicht ist, die Entladung entweder in verticaler oder horizontaler Richtung zu bewerkstelligen. An diejenige Fassung (*A* oder *B*), welche im einzelnen Falle die Stange *L* trägt, wird natürlich die Kette angehängt, welche zur äufseren Belegung der Batterie führt.

Die kleine Stange *T* endlich, deren Einrichtung aus der Zeichnung ersichtlich, kann in den Knopf der Stange *F* eingeschraubt, und vermöge ihres Gelenkes in jeder Lage gehörig befestigt werden; sie wird gegen den Conductor der Elektrisirmaschine gerichtet, nachdem in ihr aufgebohrtes, federndes Ende beliebige Spitzen (Nähnadeln, Cacteen-Stacheln usw.) eingesteckt sind; an die Stangen *F* und *L* werden die Kugeln *O* angeschraubt und in passender Entfernung einander gegenübergestellt. Wird dann die untere
l mit einer Ableitung zum Reibzeuge der Maschine
en (durch Einhängen der Kette in den Ring der
g), so springen zwischen den Kugeln Funken über

und dienen auf diese Weise sehr gut, um die Wirkung der Spitzen zu erläutern.

IX. *Ueber eine mechanische Wirkung des elektrischen Funkens; von G. Zehfufs in Reval.*

Von den Versuchen über die mechanischen Wirkungen des elektrischen Funkens sind mehrere den Physikern vorzüglich auffallend gewesen, besonders die von Einigen Tremery, von Andern Lullin zugeschriebene Beobachtung, dafs der Funken auf einem Kartenblatt zwischen beiden Polspitzen, die es an zwei verschiedenen Punkten berühren, von der positiven zur negativen Spitze hinläuft und daselbst ein Loch schlägt, welche Erscheinung von Faraday als Wirkung unipolarer Leitung aufgefafst wird, — und dafs im Gegensatze hierzu ein Stanniolblättchen, zwischen zwei *in gerader Linie befindliche* mit Spitzen oder Kugeln endigende Drähte gebracht, häufig von *zwei* Löchern durchbohrt erscheint, wenn der Funken durchgeschlagen ist. Zur Ermittelung der Eigenthümlichkeiten dieses letzteren Versuches hat Hr. Prof. Osann (Pogg. Ann. Bd. LV) Experimente angestellt, welche manches Licht auf die Sache werfen. Ich habe solche mit mancherlei Abänderungen angestellt, und bin dadurch zu theilweise anderen Ansichten gelangt, als diejenigen sind, welche Hrn. Osann aus seinen Resultaten entgegentraten. Die häufig zu beobachtenden zwei Löcher im Stanniol haben nämlich denselben zu der Erklärung veranlafst, die aus beiden Polen ausfahrenden Funken besäfsen eine gegenseitige Fliehkraft; dieſs müsse schon aus elektrodynamischen Gründen zugegeben werden, da entgegengesetzte Ströme sich nach Ampère abstofsen. Man wird dieſs Argument nur zugeben können, wenn man, wie Ampère voraussetzt, beide

Ströme als identisch annimmt, also aufser Acht läfst, dafs der eine durch positive, der andere durch negative Elektricität gebildet wird. Wohin sollten auch die aus beiden Polspitzen strömenden, und offenbar nur durch ein Bestreben zur Vereinigung aus ihrem gebundenen Zustande freiwillig der Flasche enteilenden Elektricitäten gerathen, wenn sie nun plötzlich ein Bestreben hätten, sich zu fliehen? Wenn sie wirklich, jede durch eine eigene Oeffnung das Stanniolblatt durchsetzten, so wären sie dann durch letzteres für immer getrennt, und es möchte schwierig seyn, über ihren ferneren Lauf eine Muthmafsung zu schöpfen. Unter den seine Ansicht bekräftigenden Versuchen führt Hr. Osann auch den an (ich habe ihn auch für Stanniol bestätigt gefunden), dafs ein Kartenblatt, in welcher der Funken ein Loch geschlagen, eine Strecke bei Seite geschoben werden kann, ohne dafs ein folgender Funken ein neues Loch schlägt. Mir scheint diefs geradezu *gegen* eine Fliehkraft beider Funken zu sprechen, denn wenn wirklich der eine Funken einen Umweg durch die seitwärts geschobene Oeffnung nimmt, so müfste der andere, ihn fliehend, um so sicherer ein zweites Loch schlagen. Passiren aber beide durch dieselbe Oeffnung, so spricht diefs eher für eine Anziehung, als für die Abstofsung.

Ehe ich jedoch, statt zu widerlegen, eine eigene positive Ansicht aufstelle, erlaube ich mir, in Nachstehendem die Resultate meiner deshalb angestellten Versuche mitzutheilen. Theilweise stimmen sie mit den schon von Hrn. Osann gemachten schätzbaren überein. Ich bemerke zu denselben, dafs ich mich dabei theils einer aus 6 Tafeln von etwa 3 Quadratmeter bestehenden Batterie, theils einer einzigen Leydener Flasche von etwa 14 Quadratdecimeter innerer Belegung bediente, welche mit 40, in besonderen Fällen mit mehr oder weniger Umdrehungen einer Maschine geladen wurden, deren Scheibe etwa 76 Centim. Durchmesser hat. Da ich gefunden, dafs bei den in Kugeln endigenden Drähten des Henley'schen Ausladers die Entladung, wie man auch den Draht richten möge, immer von

dem, dem dazwischen gesetzten Blatte zunächstgelegenen Punkte der Kugeln ausgeht, so wählte ich, um die Entladungsstelle möglichst beherrschen zu können, lieber zwei Drähte, die an den Enden in feine Spitzen zugefeilt wurden. Die senkrechten Projectionen der Polspitzen $+P$, $-P'$, auf die nächstgelegenen Elemente der Blattfläche nenne ich $+p$, $-p'$; die Zahl der Umdrehungen der Scheibe n; die mittlere Entfernung der Polspitzen von dem Blatte (Pp oder $P'p'$), $=y$, und endlich die Entfernung $pp' = x$ in Millimetern.

A) Versuche mit Stanniol in Luft.

1) Ein Blatt. $x=0$, $n=10$, $y=\frac{1}{2}$, 1, $1\frac{1}{2}$; $n=30$, $y=3$, 5, 6, 6: Eine Oeffnung, auf der $+$, $-$, oder auf beiden Seiten mit versengten Rändern. Einmal ein Rauchwölkchen.

2) Das Stanniol 3 Millimeter bei Seite geschoben, $x=0$, $y=1\frac{1}{2}$: Keine neue Oeffnung.

3) $x=1$, $y=1$: *Zwei* Löcher, in p, p' befindlich, in 1^{mm} Entfernung: auf der Polseite gesengt, auf der andern mit aufgeworfenem Rande.

4) $x=1$, $y=9$, 11, 15: Zwei Löcher, deren Entfernung $=2$, $2\frac{1}{2}$, 8^{mm}. Das Stanniolblatt war nicht völlig geebnet und stand nicht genau senkrecht.

5) $x=2\frac{1}{2}$, $y=6$: Zwei Löcher, senkrecht unter den Polspitzen in p, p'. Als x vergröfsert wurde, vermehrte sich der Abstand beider Löcher in gleichem Maafse, und stets konnte es durch gehöriges Centriren der Spitzen und genau senkrechte Einstellung des Blattes erreicht werden, *dafs beide Löcher in eines zusammenfielen.*

6) $y=1\frac{1}{2}$ bis 2; $x=13$, 13, 18, 96: Unter jedem Pole ein Loch mit nach der entgegengesetzten Seite aufgeworfenem Rande, welcher auf der Polseite brandfleckig aussah, und diefs zwar manchmal unterm $+$, manchmal unterm $-$, zuweilen unter beiden Polen.

7) $x=1$, $y=7$: Zwei Löcher, 2^{mm} entfernt. Derselbe *Versuch mit corrigirten* Drähten: Ein Loch bei zweimaliger

Wiederholung. Ein andermal ein nach + hin aufgeworfenes Loch, 2^{mm} darüber ein + *Eindruck.*

8) Beide Entladungsdrähte unter 45° gegen das Blatt geneigt, das Blatt senkrecht gegen die Ebene beider Drähte eingesetzt. $x = 0$, $y = 4$: Zwei Löcher, $\frac{1}{3}^{mm}$ entfernt. Die senkrechte Stellung des Blattes entsprechend corrigirt: Ein Loch.

9) $x = 1$, $y = 5$, $n = 50$: Mehrere kleine +, und ein — Loch. $x = 1$, $y = 6$, $n = 50$: Ein Loch.

10) Wurden Blätter aus einer schwerer schmelzbaren Stanniolsorte genommen, oder dickere Blätter, so wurden die Löcher durchaus kleiner, oder es entstanden nur Vertiefungen (Osann). Im sogenannten Rauschgolde (sehr dünnem Messingblech) gab es gar keine Löcher, sondern nur unter jedem Pole ein Brandflecken.

11) Zwischen die in einer geraden Horizontalen befindlichen Drähte wurde das Blatt vertical so eingestellt, dafs es sich um 45° gegen jeden Draht neigte. $x = 6$, $y = 3$. Senkrecht unter jedem Pole, in p und p' ein Loch.

12) Das Blatt horizontal gelegt, beide Pole mit geneigten Drähten darüber. $y = 1$, $x = 6$. In p und p' je ein Loch, etwas verbrannt und mit abwärts aufgeworfenen Rändern.

13) Das Blatt vertical stehend, beide gegen dasselbe geneigte Spitzen auf derselben Seite angebracht. $y = 2$, $x = 15$. Unter jedem Pole ein Loch mit stark entgegengesetzt aufgeworfenem Rande. Derselbe Versuch zweimal wiederholt: Ränder schwach.

14) Derselbe Versuch. $n = 15$. Zwei schwache gesengte Eindrücke in p und p'.

B. Versuche mit Papier in Luft.

1) $y = 1$, $x = 3, 6, 9, 13, 15$. Immer nur ein beiderseits mit aufgeworfenem Rande versehenes Loch am — Pole. Meist etwas Rauch, zuweilen ein wenig versengter Rand *sichtbar*, der zuweilen stärker nach +, manchmal stärker

nach — aufgeworfen war. Jeder dieser Versuche wurde mehrmals wiederholt.

2) $x = 0$, $y = 6$: Ein Loch. Das Papier 1^{mm} seitwärts geschoben. Dasselbe Loch. 3^{mm} seitwärts wieder dasselbe. 5^{mm} seitwärts ein neues Loch.

3) Das Blatt fast in der Ebene beider Drähte zwischen dieselben gesetzt. Der Rand der Oeffnung war schief aufgeworfen, gleichsam eine hohle Fortsetzung der — Spitze bildend.

4) Das Papier auf der + Seite mit Graphit geschwärzt. $y = 1$, $x = 20$. Ein Loch am — Pole. Der Weg des Funkens blieb auf dem Graphit durch dessen verändertes Aussehen erkennbar; er bildete keine völlig gerade Linie, sondern schien der besten Leitung nachzugehen.

5) Das Blatt auf der — Seite mit Graphit bestrichen. $x = 9$, $y = 1$. Ein Loch am + Pole. Der Weg des Funkens war auf dem Graphit sichtbar. Derselbe Versuch: Gleiches Resultat.

6) Das Blatt beiderseits mit Graphit bestrichen. $x = 9$, $y = 1$. Ein Loch am — Pole. Der Weg des Funkens ging auf der + Seite des Blattes.

7) Auf der + Seite mit Zinnamalgam bestrichen: $y = 1$, $x = 12$. Ein Loch am — Pole. Spur des Funkens auf dem Amalgam sichtbar auf der + Seite.

8) Amalgam auf der — Seite: Ein Loch am + Pole. Spur sichtbar auf der — Seite.

9) Beiderseits amalgamirt, zeigte das Blatt vier feine zerstreut gelegene Löcher.

10) Mit starker Salmiaklösung befeuchtet. $y = 2$, $x = 10$: Ein Loch mitten zwischen p und p'. Derselbe Versuch: Gleiches Resultat.

11) Derselbe Versuch: Zwei kleine, 1^{mm} entfernte Löcher auf der Mitte der Geraden $p'p$.

12) Mit Wasser befeuchtet. $x = 10$, $y = 2$: Ein Loch mitten zwischen p und p'. Derselbe Versuch zweimal mit gleichem Resultate wiederholt.

13) Mit schwach schwefelgesäuerter Kupfervitriollösung

benetzt. $x = 12$, $y = 1$: Ein Loch am + Pole, nach — aufgeworfen. Derselbe Versuch: Gleiches Resultat.

14) Derselbe Versuch. $y = 2$, $x = 7$; dreimal wiederholt: Ein Loch am — Pole.

15) Dieselbe Benetzung. $x = 0$, $y = 2$: Ein Loch, stark nach — aufgeworfen.

16) Dieselbe Benetzung. $y = 1$, $x = 15$: Auf der Geraden pp', vier Löcher im Raume von 3^{mm} beisammen, näher dem — Pole.

17) Derselbe Versuch: Ein Loch am + Pole, nach — durchgeschlagen. Nahe dabei zwei kleine Löcher nach + durchgeschlagen.

18) Derselbe Versuch: Nahe dem — Pole auf der Linie pp', vier kleine Löcher, beiderseits aufgeworfen.

Mit geneigten Drähten (zu Versuch 3 gehörig):

Das Blatt zwischen die beiden unter 45° abwärts geneigten, 210^{mm} langen und zugespitzten Drähte senkrecht eingesetzt, deren Endspitzen in einer horizontalen Geraden lagen. $x = 0$, $y = 6$: Ein Loch, senkrecht unter beiden Polen, mit P und P' in einer Geraden. Derselbe Versuch: Das Loch anscheinend aus mehreren zusammengesetzt, etwa $\frac{3}{4}^{mm}$ tiefer als beide Spitzen gelegen. Derselbe Versuch: Das Loch nicht tiefer, ein andermal sogar entschieden höher gelegen als beide Spitzen.

C. Versuche, in welchen mehrere Papier- oder Stanniolblätter als Object dienten.

1) $x = 9$, $y = 1$. Ein Papier und ein Stanniol aufeinandergelegt, das Stanniol dem + Pole zugekehrt: Im Stanniol war ein $\frac{1}{2}^{mm}$ breites Loch am + Pole, auf der + Seite verbrannt, nach — stark aufgeworfene Ränder. Ein gröfseres Loch, 3^{mm} breit, war am — Pole, auf der — Seite geschwärzt, nach + stark aufgeworfen. — Im Papier war ein Loch am — Pole, beiderseits aufgeworfen, am + Pole zeigte es einen dem Stanniolloche entsprechenden schwarzen Fleck, der am — Papierloche gänzlich fehlte, und dem

Aussehen nach von zerstäubtem Zinn herrührte. — Derselbe Versuch: Statt des kleinen Stanniolloches am + Pole nur eine Vertiefung auf der + Seite. — Derselbe Versuch: Beide Stanniollöcher gleich grofs. — Derselbe Versuch: Das — Stanniolloch sehr grofs, nach + sehr aufgeworfen.

2) $x = 9$, $y = 1$. Das Papier wurde diefsmal auf die + Seite, das Stanniol auf die — Seite gebracht: Im Stanniol ein kleines Loch am — Pole, nach + aufgeworfen, auf der — Seite verbrannt. Am + Pole ein grofses Loch nach — aufgeworfen, auf der + Seite verbrannt. — Im Papier am + Pole ein Loch; am — Pole auf der — Seite ein dem — Staniolloche entsprechender schwarzer glänzender Fleck, wahrscheinlich von zerstäubtem Zinne herrührend. — Derselbe Versuch: $x = 15$, $y = 1$. Gleiches Resultat. Derselbe Versuch: Gleiches Resultat, nur hatte das Stanniol am — Pole eine versengte Vertiefung in der — Seite.

3) $x = 13$, $y = 1$. Zwei Papierblätter, zwischen welchen ein Stanniol: Jedes Papier hatte unter dem zugekehrten Pole ein Loch. Unter diesem zeigte das Stanniol eine auf der Polseite etwas geschwärzte Vertiefung. — Derselbe Versuch. $x = 15$, $y = 1$, $n = 50$: Gleiches Resultat; statt der Vertiefungen Löcher mit versengter Polseite.

4) Zwischen zwei Stanniolblättern ein Papier. $x = 13$, $y = 1$: Unter jedem Pole im Stanniol ein Loch, nach der entgegengesetzten Seite aufgeworfen, und das Papier geschwärzt. Aufserdem waren alle drei Blätter an einer von beiden Polen etwa 20^{mm} entfernten Stelle durchbohrt, und die Ränder der Stanniollöcher dabei nach aufsen hin sehr stark aufgeworfen.

5) $x = 0$, $y = 1$. Ein Papier zwischen zwei Stanniolen: Unter jeder Spitze ein Eindruck im Stanniol. Aufserdem 22^{mm} seitlich von demselben entfernt alle drei Blätter durchbohrt, das Papierloch geschwärzt, die Stanniollöcher mit nach aufsen aufgeworfenen Rändern.

6) $x = 8$, $y = 1$. Nächst dem + Pole Stanniol, am — Pole mit verdünnter Schwefelsäure benetztes Papier. Das *Stanniol hatte unterm* + Pole einen geschwärzten Eindruck,

unterm — Pole ein nach + aufgeworfenes Loch. Das Papier hatte am — Pole ein nach + aufgeworfenes Loch. — Derselbe Versuch. $x = 12$, das Papier dem +, das Stanniol dem — Pole zugekehrt. Unterm — Pole hatte das Stanniol einen Eindruck, am + Pole ein nach — aufgeworfenes Loch. Das Papier hatte am + Pole ein nach + aufgeworfenes Loch.

D. Versuche in verschiedenen Medien.

1) In verdünnter Kupfervitriollösung ein Stanniol. $x = 9$, $y = 1$: Ein Loch am + Pole, 2^{mm} grofs, nach — stark aufgeworfen. Derselbe Versuch: Gleiches Resultat. Derselbe Versuch: Ein 3^{mm} grofses Loch am — Pole, nach + stark aufgeworfen.

2) $x = 0$, $y = 4$. In derselben Lösung ein Stanniol: Auf der + Seite eine halbkugelförmige Vertiefung, 2^{mm} im Durchmesser. Derselbe Versuch: Die Vertiefung hatte in ihrem Grunde ein kleines Loch.

3) $x = 10$, $y = 1$. In schwach schwefelgesäuertem Kupfervitriol ein Stanniol. Am — Pole entstand ein vierlappiges Loch von 11^{mm} Durchmesser. Zwei Lappen waren nach +, zwei nach — aufgeworfen.

4) $x = 6$, $y = 2$. Ein Stanniol unter Wasser: Ein Loch am — Pole, im Grunde einer auf der — Seite concaven halbkugelförmigen Vertiefung. Derselbe Versuch: Gleiches Resultat. Derselbe Versuch: Ein Loch, 15^{mm} von beiden Spitzen entfernt. Derselbe Versuch: Ein Loch am + Pole.

5) Ein Stanniol in verdünnter Schwefelsäure: Am Rande des Blattes war ein Segment von 17^{mm} Länge und stark verbogenen Rändern eingerissen.

6) Ein Stanniol in gesäuertem Kupfervitriol: Das Blatt zeigte eine 6^{mm} breite — Vertiefung, in deren Grunde sich eine entgegengesetzt eingestülpte schwächere + Vertiefung von 2^{mm} befand. — Derselbe Versuch: Ein Loch am — Pole, aufserdem die entgegengesetzt doppelt eingestülpte 14^{mm} grofse Vertiefung am + Pole.

Versuche im luftverdünnten Raume:

7) $x = 6$, $y = 2$, Barometerstand $h = 17^{mm}$. Ein Blatt Papier: Fünf kleine Löcher in der Linie pp', mit beiderseits aufgeworfenen Rändern.

8) $x = 10$, $y = 3$, $h = 15$. Ein Stanniol hatte dicht am — Pole mehrere Löcher beisammen, ohne aufgeworfene Ränder oder Vertiefungen.

9) Derselbe Versuch. $h = 12$, $s = 100$: Mehrere kleine Löcher, weit seitwärts zerstreut gelegen, ohne Vertiefungen oder aufgeworfene und versengte Ränder.

10) Derselbe Versuch. $h = 20$, $s = 75$. Die Löcher waren etwas vertieft, das am + Pole aus mehreren bestehend; das — Loch nicht in $-p'$, sondern dem $+p$ stark genähert.

E. Blätter aus einigen anderen Substanzen in Luft.

1) $x = 12$, $y = 2$. Ein Hobelspan von Tannenholz: Ein Loch am — Pole.

2) $x = 15$, $y = 2$. Ein Stück von grünem Wachstaffet: An den Polen je ein Loch, umgeben von einer geschmolzenen Stelle.

3) Derselbe Versuch. Das Wachs, den Weg des Funkens bezeichnend, auf der — Seite längs pp' geschmolzen. Am + Pole ein Loch, nach — aufgeworfen, auf der + Seite von geschmolzenem Wachs umgeben.

4) Derselbe Versuch. $x = 25$, $y = 3$: Am — Pole ein Loch, auf dessen — Seite ein Wachsschmelzfleck. Auf der + Seite war die Linie pp' durch geschmolzenes Wachs bezeichnet.

Die Ansichten, welche sich aus diesen Versuchen über die Entstehung der Löcher des Stanniol in der Luft darbieten, sind folgende.

Ehe noch die beiden in der Flasche gesammelten Elektricitäten gänzlich in die Spitzen übergeströmt sind, beginnt in dem ziemlich gut leitenden Stanniol eine rasch wachsende Vertheilung der Art, dafs unter jeder Polspitze die Dichte der *entgegengesetzten Elektricität* zunimmt, bis endlich die

Anziehungen nach den nächstgelegenen Polen *P*, *P'* für beide vertheilte Elektricitäten stark genug zum Durchbrechen der trennenden Luftschicht werden. Der momentane Vertheilungsstrom bringt nun zufolge des geringen Querschnittes, also bedeutenden Leitungswiderstandes, im Stanniol unter jedem Pole eine Erhitzung hervor, deren Existenz wenigstens durch die Brandflecken und Rauchwölkchen, bei Wachstaffet durch wirklich sichtbare Schmelzung beurkundet wird. Das erweichte Metall erhält alsdann durch die gegenseitige Repulsivkraft der benachbarten gleichartig elektrischen Theilchen ein Loch. Auch die im Papier entstehenden, mit beiderseits aufgeworfenen Rändern versehenen Oeffnungen rühren nach meiner Ansicht von der Abstofsung der gleichartig elektrisirten Papierfasern her. Osann glaubt die aufgetriebenen Ränder durch Anziehung an die benachbarte Polspitze erklären zu können. Dann müfsten sie aber von viel gröfserem Umkreise seyn, und mit der Entfernung der Spitze rasch abnehmen, was nicht zutrifft. Auch müfste dann bei Tremery's Versuch, wo dem Loche nur *eine* Polspitze gegenübersteht, auch nur die ihr zugekehrte Seite einen aufgetriebenen Rand ergeben, der sich jedoch beiderseits zeigt. Endlich müfsten auch bei einem Stanniolblatte die aufgetriebenen Ränder der Polspitze zugekehrt seyn, wovon jedoch das Gegentheil stattfindet.

Wenn solchergestalt durch Schmelzung und elektrische Abstofsung die Entstehung *zweier* Löcher nach der elektrischen Vertheilung ohne eine künstliche Hypothese erklärt ist, so bietet die Erklärung der Randerscheinungen der Oeffnung, zu welcher Erweichung und Repulsion den Grund gelegt haben, keine grofse Schwierigkeit für Stanniol dar. Zur Unterstützung obiger Erklärung führe ich hier nur noch an, dafs manche in neuerer Zeit vorkommende, aus schwerer schmelzbaren Legirungen fabricirte Stanniole nicht so leicht Löcher erhalten, als eigentliche Zinnfolie. Das aus dünnem Tombak bestehende schwerschmelzbare Rauschgold *erhielt* bei mehreren Versuchen nie ein Loch. — Ist im

Stanniol durch angegebene Ursachen einmal eine Oeffnung entstanden, so verdankt dieselbe ihre Erweiterung und den aufgestülpten Rand einer anderen Ursache, und zwar der Kraft, mit welcher das, durch die entstehende Hitze eine starke Spannkraft empfangende, umgebende Medium wider die nachgiebigen Ränder der zuvor entstandenen kleinen Oeffnung drückt oder durch eine kleine Explosion geschleudert wird. Hieraus erklärt sich, dafs, da die erwärmte Luft sich zwischen dem Stanniol und der Polspitze befindet, die Explosion, ausgehend von der Polseite, die Ränder weicher Substanzen immer nach der entgegengesetzten Seite aufwirft. Nur bei dem Versuche (*D* 3, 4) waren aufgeworfene Stanniollappen nach zwei Seiten. Schon die bedeutende Gröfse des Loches weist aber darauf hin, dafs hier zwei entgegengesetzte Explosionen stattfanden, was auch aus den in (*D* 6) beobachteten Doppelvertiefungen hervorgeht. Bei der durch Elektrolyse geänderten Entladungsart in zersetzbaren Flüssigkeiten darf das Zusammentreffen zweier Explosionen an demselben Punkte des Stanniols, entgegengesetzt dem Verhalten desselben in Luft, nicht Wunder nehmen. — Das Papier ist eine zu elastische und zähe Substanz, um durch die explodirende Luft bedeutend aufgeworfene Ränder auf der der Polspitze abgekehrten Seite zu zeigen, oder sie wenigstens nicht alsbald wieder rückgängig zu machen. Dagegen findet dieſs häufig statt, wenn das Papier durch eine benetzende Flüssigkeit erweicht ist (*B* 15, *C* 6).

So wie die Stanniolblätter unter Flüssigkeiten (*D* 1, 2, 3, 5) in Folge der bedeutenderen dagegengeschleuderten Masse derselben, auch der höheren Tension der Dämpfe wegen, gröfsere Löcher erhalten als in der Luft, ebenso zeigen die Versuche im partiellen Vacuo, wo das umgebende Medium fast keine Wirkung mehr äufsern kann, dafs dann die Löcher klein sind, die aufgeworfenen Ränder um so bedeutender ausfallen, je vollkommener die Evacuirung gediehen ist; wodurch obige Erklärung der Gröfse und Randbeschaffenheit der Stanniollöcher eine vollkommene Bestätigung

erhält. Die Wichtigkeit der Explosion hierbei wird zum Ueberflusse durch die Versuche (*C*) bewiesen: So oft daselbst der Funken *zwischen* zwei Blättern übersprang, entstand ein gröfseres Loch, als bei freier Luft, weil dann die zwischen den Blättern eingeschlossene Luftschicht nicht ebenso gut ausweichen konnte. Der im Versuche (*C* 6) unterm — Pole nach — aufgeworfene Papierrand ist sonach nicht durch Osann's Polanziehung, sondern durch die hinter dem Blatte vorgegangene Explosion zu erklären. Wie sollte sonst an derselben Stelle das Stanniol einen nach der entgegengesetzten Seite aufgeworfenen Rand zeigen?

Bei vielen Versuchen bemerkte man (*A* 10, 14, *C* 2, 5, 6, *D* 2, 6), dafs bei unzureichender Kraft des Funkens statt der Löcher nur Vertiefungen entstanden waren; wieder ein Beweis für eine mechanisch gegen das Stanniol von der Polseite wirkende Ursache, mit deren Wegfallen im Vacuo auch die Vertiefungen verschwinden (*D* 8, 9, 10). Dagegen bringt das Vacuum keine Veränderung in den Rändern des Papiers hervor (*D* 7), ein Beweis, dafs diese durch eine von der Explosion verschiedene, oben erklärte Ursache bedingt sind.

Zu den Versuchen (*A* 3), wo der seitliche Abstand x der Spitzen nur 1^{mm} betrug, bemerke ich, dafs, wenn die Entladungsdrähte statt in Spitzen in Kugeln geendigt hätten, der fragliche kleine Abstand schwer zu ermitteln gewesen seyn würde. So mag es auch gekommen seyn, dafs Hr. Osann, als er wohlcentrirte Kugeln zu haben glaubte, dennoch zwei verschiedene Löcher als Projectionen der dem Blatte nächstgelegenen Punkte der Kugeln erhielt, zumal wenn es etwas uneben oder schief eingestellt war.

Bei dem Versuche (*A* 4) wo bei $x = 1$, $y = 15$ zwei Löcher in 8^{mm} Abstand erschienen, war das Blatt etwas gebogen, was eine so grofse Entfernung der Fufspunkte pp' bedingte. Zugleich spricht derselbe gegen Hrn. Osann's Behauptung, dafs bei grofser Entfernung der Spitzen die Löcher in eins zusammenfielen. Vgl. (*A* 5, 7, 8).

Die Versuche (*B* 3) stellte ich an, um zu ermitteln, ob

der Funke, in den Drähten schief herabfahrend, eine Art von Trägheit bewahre. Allein das Loch des zwischengesetzten Papieres zeigte keine entschieden tiefere Lage, als beide Spitzen. Diese Versuche wurden oft mit wechselnden Resultaten wiederholt. Um eine etwaige Trägheit zu ermitteln, setzte ich auch beide unter 45° abwärts geneigte Spitzen, tangirend an ein verticales mit Graphit oder Iodkaliumkleister bestrichenes Papier. Die, beide Fufspunkte p, p' verbindende, auf dem Papier bezeichnete Bahn zeigte nun nicht, wie es die Trägheit des Funkens erfordern würde, eine entschiedene Krümmung nach unten, zumal am Berührungspunkte, sondern bald nach unten, bald nach oben, indem sie immer der besten Leitung zu folgen schien. War das Kleisterpapier durch die Befeuchtung krumm verzogen, so machte sie Krümmungen, welche einer geodätischen Linie pp' entsprachen.

Die Versuche (B 4 bis 9) sind in Parallele zu stellen mit (C 1 bis 5), indem leitende Ueberzüge ähnlich wie Metallblätter wirken. Unter andern zeigen (B 9) und (C 4, 5) dafs, wenn das nicht leitende Blatt zwischen zwei gut leitende eingeschlossen wird, die Löcher nicht mehr direct unter den Polen, sondern seitwärts, und zwar erklärlicher Weise alsdann an den schwächsten Stellen des Nichtleiters, also im allgemeinen in unbestimmter Zahl, entstehen, indem die Elektricität sich allerseits mit Leichtigkeit auf dem leitenden Blatte ausbreiten und die leicht durchbrechbaren Stellen des nicht leitenden aufsuchen kann. Man scheint dabei auch berücksichtigen zu müssen, dafs für die rein mechanischen Wirkungen, mag die in der Flasche gehäufte Elektricitätsmenge noch so grofs seyn, nur ein bestimmter Theil derselben in Anspruch genommen wird, während der Rest, durch den vom ersten Funken gebahnten Weg passiren kann, ohne eine rein mechanische Wirkung weiter zu verrichten, sondern eine aequivalente Erwärmung hervorruft. Vorzüglich möchten die oscillirenden Entladungen von Feddersen (Pogg. Ann. Bd. CXV) die mathematischen Betrachtungen *influiren*.

Von einem ähnlichen Gesichtspunkte aus hat man auch die Versuche (*B* 10 bis 18) zu beurtheilen. Ist durch Dämpfe einer Flüssigkeit die umgebende Luft, durch die Flüssigkeit selbst das Papier ein theilweise besserer Leiter geworden, so wird das Papierblatt, zumal erweicht von der Flüssigkeit, an mehreren schwächsten Stellen durchbohrt werden. Dafs die Löcher in mehreren Fällen nicht am — Pole, wie bei trockenem Papier, sondern häufig in der Mitte von *PP'* auftreten, scheint in dem Umstande gesucht werden zu müssen, dafs das in gewissem Grade befeuchtete Papier, bezüglich des Leitungsvermögens, der Luft fast gleichkommt, da das Papier schlechter, die Flüssigkeit besser als Luft leitet: wonach für den Funken kein Grund mehr vorhanden ist, vom geraden Wege *PP'* abzuweichen, also mitten durch *pp'* zu gehen. Ungleichheiten sind natürlich wegen ungleicher Benetzung und Verdunstung und ungleicher Papierdicke nicht zu vermeiden. Man bemerke noch, dafs in einer Mehrzahl von Fällen die Ränder nach — aufgeworfen waren, was der bekannten stärkeren Erwärmungskraft des + Funkens zuzuschreiben ist, die sich auch durch eine stärkere Kupferoxydschwärzung am + Drahtpole nach längerem Gebrauche beurkundet.

Aus den Versuchen (*D*) folgt, dafs bei gleichen Dimensionen der Widerstand des Stanniols demjenigen der angewandten Flüssigkeiten näher kam, da man nicht zwei, sondern ein Loch erhielt. Leitete das Medium besser, z. B bei Papier in verdünnter Schwefelsäure, so gab es bei mehreren Versuchen gar kein Loch, indem der Funken über den Rand des Blattes schlug.

Die Versuche (*C* 7 bis 10) im Vacuo beweisen, dafs die bis zu jenen Graden der Verdünnung angewandte Luft für die Funkenentladung ein vortrefflicher Leiter ist, indem sich die Löcher in den Blättern ganz so zeigen, wie wenn eine schlecht leitende Substanz von einer gut leitenden umgeben ist (*B* 9). Im Falle der sogenannten dunkeln Entladung, welche sich zuweilen in den Flüssigkeiten, und zuweilen, je nach der Dichte der Elektricität, im partiellen

Vacuo einstellte, ergab sich kein mechanischer Effect. Wenn der Clausius'sche Satz, dafs die während der Entladung verrichtete Arbeit dem Unterschiede der Potentiale der freien Elektricität auf sich selbst vor und nach der Entladung gleich sey, auf alle aequivalenten mechanischen, thermischen usw. Wirkungen ausgedehnt wird, so mufs in diesem Falle die Erwärmung im übrigen Theile des Schliefsungsbogens stärker ausfallen. Bei der von Riefs sogenannten starken Entladung wird der Funke, obwohl sich auch bei bedeutenden Elektricitätsmengen die Entladungsart durch repulsive Theilung desselben zuweilen ändert, meist einen ungetheilten Weg gehen, also nur *eine* Oeffnung bewirken. Durch die Luft fahren dann die Funken längs eines durch die Erwärmung gutleitend gemachten Canals, dessen Querschnitt und Erwärmung wahrscheinlich nach der Elektricitätsmenge der Flasche variirt. Schon bei den einfachsten Annahmen über die Entladungsart, z. B. unter Voraussetzung eines ungetheilten Funkens, ist wegen der Unbekanntheit der eben erwähnten Verhältnisse eine mathematische Formulirung des Pocesses nicht rathsam, obwohl sich wahrscheinlich Formeln aufstellen liefsen.

Zum Schlusse möge es noch gestattet seyn, eine Muthmafsung über die Entstehung der einzigen Oeffnung am negativen Pole bei einem Papierblatte aufzustellen. Das Befremdende dieser Erscheinung, welche auf den ersten Anblick eine specifische Verschiedenheit beider Elektricitäten zu begründen oder gar eine Entscheidung über die eigentlich positive Elektricität herbeizuführen den Anschein hat, vermindert sich, wenn man an die Einmischung einer elektrischen Wirkung beim Contacte der Luft mit dem Papier denkt. Zwar ändert sich bei abnehmender Dichte der Luft die Entladungsart; aber dennoch dürfte der Umstand, dafs in verdünnter Luft die Oeffnung im Papiere nicht mehr beständig am negativen Pole erscheint, zur Genüge darauf hinweisen, dafs die Ursache des Phänomens nicht lediglich im Papier an sich liegt, sondern mit wesentlich durch die *Natur des Mediums bedingt* wird. Erinnert man sich, dafs

die Verschiedenheit der durch positive und negative Elektricität auf einem Harzkuchen hervorgebrachten Lichtenberg'schen Figuren nach Riefs im Vacuo wegfällt, was dem Wegfallen der Contactelektricität zwischen Luft und Harz zuzuschreiben ist, so möchte auch die Erklärung des Tremery'schen Versuches als wahrscheinlich bis zur Aufstellung einer besseren gelten: Dafs das Papier in Berührung mit der bei der Entladung sich heftig daran reibenden Luft negativ elektrisch wird, daher den positiven Funken anzieht und auf seiner Oberfläche nach dem attrahirenden — Pole hinlaufen läfst, während im Gegentheil die negative Elektricität des — Poles in ihrem Bestreben zur Vereinigung mit der Elektricität des + Poles durch das — elektrische Papier gehemmt wird. Solchergestalt ist die + Elektricität bereits am — Pole auf dem Papiere angekommen, ehe noch die Vereinigung mit der — Elektricität mittelst Durchbrechung des Papieres vor sich gehen kann.

X. *Ueber die elfjährige Periode in den Sonnenflecken und erdmagnetischen Variationen; von Prof. Dr. Rudolf Wolf.*

Als ich im Jahre 1852 nachwies, dafs sich in der Häufigkeit der Sonnenflecken eine Periode von $11\frac{1}{9}$ Jahren zeige, und rückwärts bis zur Entdeckung der Sonnenflecken verfolgen lasse, disponirte ich, abgesehen von der damals bereits 26 Jahre umfassenden Beobachtungsreihe des hochverehrten Hrn. Hofrath Schwabe, über keine längere zusammenhängende Serien sondern, nur über eine gewisse Anzahl kürzerer Beobachtungsfolgen und vereinzelter Angaben, — und es lag somit die Beweiskraft nur in den *zwei Momenten*, dafs einerseits die Schwabe'sche Reihe

ne Periodicität zeige, und anderseits bei Annahme einer
riode von $11\frac{1}{9}$ Jahren keine der aufgefundenen Angaben
eser Periodicität widerspreche. — Jetzt steht die Sache
ders: Durch Auffindung langjähriger Beobachtungen von
audacher, Flaugergues, Tevel, Adams etc. ist es
r möglich geworden, aus einer Sammlung von etwa 20000
obachtungen für eine Folge von 112 Jahren die mittlere
rliche Häufigkeit durch Relativ-Zahlen auszudrücken, die
i hier als Grundlage der weitern Besprechung vollstän-
; gebe, — ihnen, soweit es der Platz erlaubt, die auf-
fundenen mittleren jährlichen Declinations-Variationen
isetzend.

hr	Rela-tivzahl	Varia-tion	Magnetische Station	Jahr	Rela-tivzahl	Varia-tion	Magnetische Station
49	63,8	—		1780	72,6?	5′,5?	Montmorency
50	68,2	—		81	67,7	9,12	Mannheim
51	40,9	—		82	33,2?	8,11	—
52	33,2	—		83	22,5?	8,77	—
53	23,1?	—		84	4,4?	6,98	—
54	73,8	—		85	18,3	8,56	—
55	6,0	—		86	60,8	14,00	Paris
56	8,8	—		87	92,8	15,14	—
57	30,4	—		88	90,6	13,48	—
58	38,3?	—		89	85,4?	12,60?	London
59	48,6?	10′,76	London	90	75,2?	14,85?	—
60	48,9	—		91	46,1	12,27?	—
61	75,0	—		92	52,7?	8,87?	—
62	50,6	—		93	20,7?	8,43	—
63	37,4	—		94	23,9	8,27?	—
64	34,5	—		95	16,5	7,48?	—
65	23,0	—		96	9,4	8,02?	—
66	17,5?	—		97	5,6	8,30?	—
67	33,6	—		98	2,8	7,44?	—
68	52,2	—		99	5,9	7,56?	—
69	85,7	—		1800	10,1	7,14?	—
70	79,4	—		01	30,9?	7,74?	—
71	73,2	—		02	38,3?	8,58?	—
72	49,2	—		03	50,0?	9,16?	—
73	39,8	—		04	70,0?	8,48?	—
74	47,6?	—		05	50,0?	8,72?	London
75	27,5	—		06	30,0?	—	—
76	35,2?	—		07	10,0?	—	—
77	63,0	11′,2?	Montmorency	08	2,2	—	—
78	94,8	10,0?	—	09	0,8	—	—
79	99,2	8,5?	—	10	0,0	—	—

Jahr	Relativzahl	Variation	Magnetische Station	Jahr	Relativzahl	Variation	Magnetische Station
1811	0,9	—	—	1836	96,7	12',34	Göttingen
12	5,4	—	—	37	111,0	12,27	—
13	73,7	6',56?	London	38	82,6	12,74	—
14	20,0?	7,62	—	39	68,5	11,03	Prag
15	35,0?	7,66?	—	40	51,8	8,84	—
16	45,5	—		41	29,7	7,43	—
17	43,5	8,55?	London	42	19,5	6,34	—
18	34,1	8,81	—	43	8,6	6,57	—
19	22,5	7,77	—	44	13,0	6,05	—
20	8,9	7,79	—	45	33,0	6,99	—
21	4,3	9,10	Paris	46	47,0	7,65	—
22	2,9	8,83	—	47	79,4	8,78	—
23	1,3	8,18	—	48	100,4	10,75	—
24	6,7	8,20	—	49	95,6	10,27	—
25	17,4	9,67	—	50	64,5	9,97	—
26	29,4	9,76	—	51	61,9	8,32	—
27	39,9	11,31	—	52	52,2	8,09	—
28	52,5	11,52	—	53	37,7	7,09	—
29	53,5	13,74	—	54	19,2	6,81	—
30	59,1	12,40	—	55	6,9	6,41	—
31	38,8	72,17?	—	56	4,2	5,98	—
32	22,5	—		57	21,6	6,95	—
33	7,5	—		58	50,9	7,41	—
34	11,4	7,79?	Göttingen	59	96,4	10,37	—
35	45,5	9,57	—	60	98,6	10,05	—

Die in dieser Tafel für jedes Jahr gegebene Relativzahl ist das Mittel von allen Zahlen, welche ich für einzelne Tage dieses Jahres nach der Formel

$$r = a(10 \cdot g + f)$$

berechnete, in welcher a einen aus correspondirenden Beobachtungen für jeden Beobachter bestimmten Personalfactor, g die der Beobachtung direct entnommene Anzahl der auf der Sonne sichtbaren Fleckengruppen, und f die Anzahl der in diesen Gruppen gezählten Flecken bezeichnet; sie giebt also ein relatives Maafs für die Thätigkeit auf der Sonne, wenn man die plausible Voraussetzung macht, es hänge dieselbe zunächst von der Anzahl der erzeugten Gruppen, und in untergeordneter Weise von der (nach vielen Versuchen der Flächensumme nahe proportionalen) Anzahl der Flecken ab, — wobei die Zahl 10 ohne merklichen Einfluſs durch eine in der Nähe liegende Zahl er-

setzt werden könnte. Das einzelnen dieser Zahlen beigesetzte Zeichen ? bedeutet bei den Relativzahlen, dafs entweder der angewandte Personalfactor a nicht ganz scharf bestimmbar, oder die Beobachtungen zu wenig zahlreich, — bei den Variationen, dafs die Beobachtungen überhaupt unzuverlässig (wie bei Montmorency), oder dafs für Berechnung der mittlern Jahresvariation nicht Bestimmungen von allen Monaten vorhanden waren.

Die obige Tafel zeigt auf den ersten Blick den periodischen Wechsel sowohl in der Häufigkeit der Sonnenflecken, als in der Gröfse der magnetischen Declinations-Variation, und zwar ergeben sich aus ihr folgende Zeiten für Maximum und Minimum:

Maximum		Minimum	
Sonnenflecken	Variation	Sonnenflecken	Variation
$1750{,}0 \pm 1{,}0$		$1755{,}7 \pm 0{,}5$	
$1761{,}5 \pm 0{,}5$		$1766{,}5 \pm 0{,}5$	
$1770{,}0 \pm 0{,}5$		$1775{,}8 \pm 0{,}5$	
$1779{,}5 \pm 0{,}5$		$1784{,}8 \pm 0{,}5$	$1784{,}5 \pm 0{,}5$
$1788{,}5 \pm 0{,}5$	$1787{,}2 \pm 1{,}0$	$1798{,}5 \pm 0{,}5$	$1799{,}0 \pm 2{,}0$
$1804{,}0 \pm 1{,}0$	$1803{,}5 \pm 1{,}0$	$1810{,}5 \pm 0{,}5$	
$1816{,}8 \pm 0{,}5$	$1817{,}5 \pm 1{,}0$	$1823{,}2 \pm 0{,}5$	$1823{,}8 \pm 1{,}0$
$1829{,}5 \pm 0{,}5$	$1829{,}7 \pm 0{,}5$	$1833{,}8 \pm 0{,}2$	
$1837{,}2 \pm 0{,}5$	$1837{,}7 \pm 0{,}5$	$1844{,}0 \pm 0{,}2$	$1844{,}2 \pm 0{,}5$
$1848{,}6 \pm 0{,}5$	$1848{,}9 \pm 0{,}3$	$1856{,}2 \pm 0{,}2$	$1856{,}3 \pm 0{,}3$
$1860{,}2 \pm 0{,}2$	$1860{,}0 \pm 0{,}3$		

Betrachten wir zunächst die den Sonnenflecken entsprechenden Epochen, so finden wir aus den äufsersten Angaben für die Länge der mittleren Periode

$$\frac{[1860{,}2 \pm 0{,}2] - [1750{,}0 \pm 1{,}0]}{10} = 11{,}02 \pm 0{,}10$$

$$\frac{[1856{,}2 \pm 0{,}2] - [1755{,}7 \pm 0{,}5]}{9} = 11{,}17 \pm 0{,}06$$

d. h. Resultate, welche mit der früher bestimmten Periodenlänge von $11\frac{1}{9}$ Jahren innerhalb ihrer Fehlergränzen übereinstimmen. Dagegen zeigt sich, dafs die Länge der einzelnen Periode bald bedeutend länger, bald bedeutend kürzer als die der mittlern werden kann, — ein Resultat, von *dem ich 1852 noch* keine Kenntnifs hatte und haben

konnte. — Aehnliches ergiebt sich, wenn man noch die vor 1750 bestimmbaren Epochen für Maximum und Minimum beizieht, und zwar findet man für die Länge der mittlern Periode

$$11{,}155 \pm 0{,}377 \text{ Jahre,}$$

für die Länge der einzelnen Periode dagegen

$$11{,}155 \pm 1{,}722 \text{ Jahre.}$$

Noch könnten einzelne merkwürdige Resultate angeführt werden, die ich beim Studium des nähern Verlaufes der Periode erhielt; da jedoch die betreffenden Arbeiten noch nicht zum gänzlichen Abschlusse gekommen sind, so ziehe ich vor darüber erst bei einer spätern Gelegenheit in den Annalen zu berichten, und vorläufig auf meine betreffenden Mittheilungen in den *Astronomischen Nachrichten* und der *Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich* zu verweisen.

Betrachten wir in zweiter Linie die den magnetischen Variationen entsprechenden Epochen, so finden wir, dafs sie innerhalb ihrer Fehlergränzen mit denen der Sonnenflecken übereinstimmen, und das der 1852 ausgesprochene Parallelismus in den beiden Erscheinungen dadurch um so schlagender nachgewiesen ist, als nicht nur die mittlere Periode genau dieselbe ist, sondern sich auch die Anomalien der einen Erscheinung bei der andern genau wiederfinden. — Diese Uebereinstimmung veranlafste mich schon vor mehr als drei Jahren die Ansicht auszusprechen, es möchte zwischen beiden Erscheinungen ein Causalnexus in der Weise existiren, dafs in beiden die Intensität der gemeinschaftlichen Ursache wie an zwei verschiedenen Scalen abgelesen werden könne, und dafs es daher möglich seyn müsse die Gröfse v der magnetischen Variation nach einer Formel von der Form

$$v = a + b \cdot r$$

aus der Relativzahl r des betreffenden Jahres zu berechnen. So fand ich z. B. damals speciell für München die Formel

$$v' = 6{,}273 + 0{,}051 \cdot r,$$

welche die von Hrn. Lamont zur Zeit veröffentlichten Declinations-Variationen der Jahre 1835 bis 1850 sogar genauer darstellte, als die von ihm denselben direct entnommene Formel

$$v'' = 8',70 + 2',7 \,.\, \mathrm{Sin}\,(72°,58 + n \,.\, 34°,84)$$

wo n die Jahre von der durch ihn angenommenen Epoche 1848 hinweg zählte, — denn es ergab sich dafs

$\Sigma(v - v')^2 = 3{,}9865$ während $\Sigma(v - v'')^2 = 8{,}4960$.

Ferner gab meine Formel für die Jahre 1851 bis 1860 die Variationen

9',43 8,94 8,20 7,24 6,62 6,48 7,37 8,87 11,19 11,30

während Hr. Lamont jüngst in Band CXVI dieser Annalen dafür nach seinen Beobachtnngen

8',71 9,00 8,63 7,56 7,33 7,08 7,64 9,33 11,17 10,93

gegeben hat, so dafs die gröfsten Abweichungen für 1851 und 1855 nur 0',72 und 0',71 betragen. Aehnliche Formeln stellte ich später auch für andere magnetische Stationen mit ungefähr gleichem Erfolge auf, und fand dafs (wenigstens in Mittel-Europa) die Constante a nach Osten, der Factor b nach Süden langsam abnehme.

Die eben erwähnte neue Publication von Hrn. Lamont, in der meiner Arbeiten wiederholt, aber auf nichts weniger als freundliche Art gedacht ist, veranlafst mich zum Schlusse noch zu einigen Bemerkungen: Die von mir oben auf

1787,2 1817,5 1837,7 1844,0 1848,9 1856,3 1860,0

verlegten magnetischen Epochen, hat Hr. Lamont auf

1786,5 1817,0 1837,5 1843,0 1848,8 1855,0 1859,5

gesetzt, so dafs einige erhebliche Differenzen vorkommen, und ich darf getrost dem verehrten Leser, dem ich durch die im Eingange gegebene Tafel die Möglichkeit verschafft habe sich selbst zu orientiren, es überlassen zwischen den beiden Bestimmungen zu wählen. Uebrigens bilden diese Differenzen nicht den eigentlichen *Streitpunkt* zwischen Hrn. Lamont und mir, sondern dieser liegt darin, dafs Hr. Lamont zwischen 1786 / 1787 und 1859 / 1860 sieben *nahe gleich lange Perioden* annimmt, während ich darauf

bestehen mufs, dafs während dieser Zeit nur *sechs merklich verschieden lange* Perioden abgelaufen seyen. Bei den Sonnenflecken sind, wie meine Tafel nachweist, nach den Beobachtungen von Staudacher, Flaugergues etc. sicher nur 6 Perioden vorhanden, und die magnetischen Variationen stimmen, soweit sie bekannt sind, ganz nett damit überein. Will man aber mit Hrn. Lamont 7 Perioden annehmen, so mufs man ein magnetisches Minimum auf 1791,3 und ein Maximum auf 1796,5 legen, was den Londner Beobachtungen ganz widerspricht, und gleichzeitig dem sonst so klar ausgesprochenen Parallelismus mit den Sonnenflecken total zuwiderläuft. Hr. Lamont hat in seiner Publication die Artigkeit gehabt mir, ohne einen Beweis beizubringen, vorzuwerfen, ich habe meine Periode von $11\frac{1}{9}$ Jahren *nur durch eine willkürliche Ergänzung fragmentarischer Beobachtungen der vorigen zwei Jahrhunderte bestimmt*, und die ebenfalls eine Begründung noch erwartende Behauptung hinzuwerfen, es würden sich *dieselben Beobachtungen in anderer Weise und mit derselben Freiheit ergänzt* wohl ebenso gut an seine Periode von 10,43 Jahren anschliefsen. Ich habe dem geehrten Leser oben klar vor Augen gelegt, wie ich progredirte, und will es ihm daher auch ruhig überlassen, ob er *für* oder *gegen* mich Partei nehmen will; ich erkläre nur, dafs es mir einzig um die Wahrheit zu thun ist, und dafs ich jeder Zeit bereit bin einzulenken, wenn mir bewiesen wird, dafs ich auf dem Holzwege bin, — aber es mufs mir durch Thatsachen, und nicht durch leere Worte vom hohen Rosse herab bewiesen werden wollen. — Hr. Lamont wirft mir ferner vor, ich habe das Cassini'sche Maximum von 1786 / 1787 bei der frühern Besprechung seiner Formel bei Seite gesetzt. Es ist diefs insofern richtig, als ich damals nicht daran dachte jene Formel auf eine so entlegene Zeit anwenden zu wollen; dagegen habe ich mich 1852 und später gerade immer ganz besonders auf jenes Maximum gestützt, wenn von dem Parallelismus der beiden Erscheinungen die Rede war. — Wenn endlich Hr. Lamont

zwar zugiebt, dafs eine allgemeine Aehnlichkeit zwischen dem Gange der Sonnenflecken und der Variationen bestehe, dagegen die Behauptung aufgestellt und zu begründen sucht, dafs *von einer genauen Uebereinstimmung keine Rede* seyn könne, so hätte ich gegen seine Auffassung und Beweisführung zwar ebenfalls manches Thatsächliche einzuwenden; da ich jedoch hiefür im Allgemeinen auf meine obige Auseinandersetzung verweisen kann, so behalte ich mir hierüber das Wort für eine spätere Gelegenheit offen, wo ich von einer verwandten Untersuchung sprechen werde, welche ich schon im letzten Winter mit einigen jungen Freunden der Astronomie durchführte, aber bisjetzt nicht Zeit hatte zum Drucke auszuarbeiten.

Ich füge noch den Wunsch bei, dafs, wenn einer der geehrten Leser irgend welche ältere, bisjetzt mir nicht zugekommene Beobachtungen von Sonnenflecken, wie z. B. die von Pastor Fritsch in Quedlinburg, auffinden sollte, er die Güte haben möchte mir darüber Mittheilung zu machen.

Zürich den 12. Oct. 1862.

XI. *Resultate aus Beobachtungen der Sonnenflecken; von Prof. Dr. Spörer.*

Im December 1860 begann ich Beobachtungen von Sonnenflecken in der Absicht, einen Beitrag zur Bestimmung der Rotationszeit der Sonne zu liefern, und zugleich mit dem Plane, nur solche Flecken bei der Untersuchung zu benutzen, von denen mindestens an fünf verschiedenen Tagen zuverlässige Ortsbestimmungen erhalten seyn würden. Es gelang mir bald herauszufinden, dafs die dem Sonnenäquator näheren Flecken ein anderes Verhalten zeigen, als *die vom Aequator* entfernteren, indem sich aus jenen

die Rotationszeit der Sonne viel kleiner ergab, als aus diesen (Astron. Nachr. 1861 Juni 13). Nach der Veröffentlichung dieses Resultats erfuhr ich, dafs schon Carrington zu demselben Ergebnifs gekommen sey. Im Folgenden soll an einigen Beispielen gezeigt werden, wie erheblich die Unterschiede zwischen Flecken verschiedener Breiten sind, und wir werden den Versuch machen, für die nähere Ursache der Ortsveränderung der Flecken, welche wir mit dem Worte Strömung oder Strom bezeichnen wollen, die Geschwindigkeit anzugeben, ferner werden wir mit gröfserer Sicherheit nachweisen können, dafs eine beträchtliche Aenderung in der Geschwindigkeit der Ströme mit erheblichen Aenderungen in der Gestalt der Flecken verbunden ist.

Das Verfahren bei Beobachtung und Rechnung ist vollständig angegeben in einer besonderen Abhandlung (Beobachtungen von Sonnenflecken und daraus abgeleitete Elemente der Rotation der Sonne, Anclam 1862), daher hier nur einiges Unentbehrliche die Rechnung betreffend aufzunehmen ist. Specielleres von den einzelnen beobachteten Sonnenflecken ist in den *Astronomischen Nachrichten* abgedruckt.

Von den auf den Sonnenäquator bezogenen »heliographischen« Längen und Breiten eines Fleckens sollten die letzteren constant seyn; jene aber müssen wegen der Rotation der Sonne täglich um beiläufig 14 Grad wachsen. Dieser tägliche Rotationswinkel ξ kann aus zwei Oertern nicht mit hinreichender Genauigkeit erhalten werden, und deshalb ist nicht nur planmäfsig das Minimum von fünf Oertern angenommen, sondern es sind auch Beobachtungen der Flecken *nahe* dem Rande, wo die Beobachtungsfehler einen zu grofsen Einflufs haben, nur selten und mit grofser Vorsicht benutzt. — Wenn zu einer gewissen Zeit t' die heliographische Länge L und zur Beobachtungszeit t die Länge l gehört, so ist $L+(t-t').\xi=l$. Wird für t' das arithmetische Mittel der Beobachtungszeiten gesetzt, so ist der wahrscheinlichste Werth für L das arithmetische

Mittel aller aus den Beobachtungen hergeleiteten Längen. Demnach bleibt nur noch die Unbekannte ξ zu bestimmen, für welche, wenn z. B. fünf Oerter beobachtet sind, auch fünf Gleichungen von obiger Form vorliegen. Auf diese Gleichungen ist die Methode der kleinsten Quadrate anzuwenden. Wenn ξ gefunden ist, so folgt die Rotationszeit der Sonne $T = \frac{360}{\xi}$.

Berechnet man mit obigem ξ für die Beobachtungszeiten die Längen $= L + (t - t')\,\xi$, so werden diese im Vergleich mit den »beobachteten« Längen l noch *kleine Unterschiede* geben, welche theils den Beobachtungsfehlern zuzuschreiben sind, theils den ungleichförmigen Bewegungen des Fleckens. Dagegen wird ein der Zeit proportionaler Theil der Ortsveränderung des Fleckens in dem Rotationswinkel ξ stecken, dieser also als die algebraische Summe anzusehen seyn von dem Rotationswinkel ξ' des eigentlichen Sonnenkörpers und der dem Aequator parallelen Componente $\Delta\xi$ der täglichen Geschwindigkeit des Fleckens, also $\xi = \xi' \pm \Delta\xi$. Durch die Berechnung $T = \frac{360}{\xi}$ erhalten wir also auch nicht die Rotationszeit der Sonne, welche vielmehr $= \frac{360}{\xi'}$ seyn sollte.

Da nur solche Flecken beobachtet wurden, welche *hinreichend isolirt* waren, so konnte während einer Periode eine Verwechselung mit einem andern Flecken gar nicht vorkommen. Gesichert war ich noch dadurch, dafs an jedem sonnigen Tage eine Karte von der Sonnenoberfläche gezeichnet wurde. Wenn aber ein Flecken in einer folgenden Periode wiederkehrt, so zeigen die Karten zwar die Möglichkeit einer Identität an, können aber nicht die Entscheidung geben. Es sind diejenigen in zwei oder mehr Perioden beobachteten Flecken als identisch genommen, welche bei einiger Uebereinstimmung in der heliographischen Breite noch die Bedingung erfüllen, dafs die »beobachteten« Längen nur *kleine Unterschiede* im Vergleich mit den »*berechneten*« geben, wenn bei letzteren, deren Vor-

mel $L + (t - t')\xi$ ist, von *einer* mittleren Länge L ausgegangen wird, und für das ξ auch nur *ein* Werth gilt.

Flecken, welche nicht hinreichend isolirt sind, also in Gruppen stehen, eignen sich für solche Bestimmungen nicht, indem schon die Zeichnung der Karten zeigt, dafs in Gruppen viel zu starke Bewegung herrscht, und die Identität einzelner Theile einer Gruppe nur bei kleinen Zeitintervallen festzustellen ist.

Als Beispiel für einen in zwei Perioden erschienenen Flecken wählen wir einen durch grofse Beständigkeit der Gestalt ausgezeichneten Flecken, der zuerst 1862 April 2 bis April 10, darauf April 29 bis Mai 6 beobachtet wurde. Der Flecken führt auf meinen Karten während der beiden Perioden die Nummern 31 und 42. Auch die übrigen später zu erwähnenden Flecken werden hier wie in den »*Astronomischen Nachrichten*« mit den Nummern bezeichnet werden, welche sie auf den Karten führen; jedoch mit Hinzufügung der Jahreszahl, weil zu Anfang dieses Jahres wieder mit 1 begonnen wurde. Die folgende Tabelle enthält die Beobachtungszeiten, die aus den Beobachtungen hergeleiteten sogenannten »beobachteten« Breiten und Längen (auf den Sonnenäquator bezogen), ferner die *Unterschiede* zwischen den »beobachteten« und den »berechneten« Längen. Um Raum zu sparen sind die »berechneten« Längen $= L + (t - t')\xi$ nicht angesetzt, dieselben sind aber, wenn noch mit t die Zeit in Tagen des angegebenen Monats bezeichnet wird:

I, für No. 31 225,39 + (April t — 6,497) . 14,0931

II, für No. 42 248,076 + (April t — 33,623) . 14,1157

II für die Vereinigung von No. 31 und No. 42

(416,733 oder 56,7333) + (April t — 20,060) . 14,10811.

Die »berechnete« Länge ist andererseits gleich der »beobachteten« Länge *plus* dem angegebenen Unterschiede.

	1862 April	Beob. heliographische Breite	Länge	I. Unterschied	II. Unterschied
31.	2,520	+ 13° 48′	169,54	— 0,20	— 0,26
	3,466	+ 14 9	182,60	+ 0,07	+ 0,03
	4,466	+ 14 16	196,35	+ 0,41	+ 0,39
	5,523	+ 13 44	211,50	+ 0,16	+ 0,15
	7,483	+ 13 20	239,32	— 0,03	— 0,02
	8,493	+ 13 25	253,64	— 0,12	— 0,09
	9,524	+ 13 0	268,37	— 0,32	— 0,26
	10,501	+ 12 58	281,80	+ 0,02	+ 0,08
Mittel:	6,497	+ 13° 35′	225,39		
		$\xi = 14{,}0931$;	$T = 25{,}542$.		
42.	29,452	+ 13° 15′	189,33	— 0,13	— 0,10
	30,495	+ 13 2	204,02	— 0,10	— 0,07
	31,476	+ 13 43	217,49	+ 0,28	+ 0,30
	33,556	+ 13 13	246,83	+ 0,29	+ 0,29
	34,545	+ 12 28	261,23	— 0,14	— 0,15
	35,492	+ 12 0	274,88	— 0,42	— 0,44
	36,489	+ 12 32	288,35	+ 0,18	+ 0,16
	37,480	+ 12 21	302,48	+ 0,04	+ 0,01
Mittel:	33,623	+ 12° 49′	248,076		
		$\xi = 14{,}1157$;	$T = 25{,}504$.		
Mittel:	20,060	+ 13° 12′	416,733		
		$\xi = 14{,}10811$;		$T = 25{,}5172$	

Als Beispiel der Vereinigung von *drei* Perioden nehme ich den Flecken auf, welcher nur 2 Grad nördlicher als der vorige stand, und dessen Länge um 33 Grad geringer war. Während er in seiner ersten Periode (No. 23) ein Anwachsen der Breite zeigt, findet in der zweiten Periode (No. 32) eine mäfsige Abnahme derselben statt, und die Mittelwerthe für die Breiten in beiden Perioden sind einander gleich. Merkwürdig ist, dafs auch der vorige Flecken in seiner ersten Periode, welche gleichzeitig mit der zweiten dieses Fleckens stattfand, eine geringe Abnahme der Breite ergab. Ueberhaupt ist bei den beiden Flecken in Betreff der Ortsveränderung einiges ähnlich, einiges abweichend. Bei den Flecken ist die heliographische Breite bis zum Anfang des Mai wieder etwas gewachsen und nimmt dann stark ab, indessen bei dem nördlichen mehr. Beide erfahren eine Zunahme des ξ, und wiederum der nördliche

Flecken mehr als der andere. Indem sich für diesen nördlicheren Flecken durch die Rechnung ergiebt, dafs in der Zwischenzeit von April 11 bis April 30 noch das frühere viel kleinere ξ gilt, welches aus der Periode von April 3 bis April 11 gefunden wird, würde die starke Zunahme des ξ erst im Mai eingetreten seyn können, defswegen aber recht auffallend mit der Verkleinerung des Fleckens zusammentreffen. Es war nämlich zu sehen, dafs der Flecken während seiner dritten Periode (No. 43) zwar immer noch seine bisherige runde Gestalt behielt, indessen merklich an Gröfse abnahm.

Die »berechnete« Länge ist:

I für No. 23. $205{,}718 + (\text{März } t - 12{,}897) \cdot 14{,}0746$;

I für No. 32. $207{,}897 + (\text{April } t - 7{,}611) \cdot 14{,}0666$;

I für No. 43. $229{,}983 + (\text{Mai } t - 4{,}753) \cdot 14{,}1885$;

II für die Vereinigung der drei Perioden No. 23, No. 32 und No. 43:

$(627{,}22 \text{ oder } 267{,}22) + (\text{März } t - 42{,}8284) \cdot 14{,}08139$;

		1862.	Beob. heliographische Breite	Länge	I. Unterschied	II. Unterschied
23.	März	9,484	+ 15° 10′	157,76	— 0,08	— 0,08
		10,520	+ 15 17	172,25	+ 0,01	+ 0,01
		12,517	+ 15 5	200,12	+ 0,25	+ 0,27
		15,489	+ 15 21	242,33	— 0,13	— 0,09
		16,476	+ 15 53	256,13	— 0,04	+ 0,01
	März	12,897	+ 15° 21′	205,718		
			$\xi = 14,0746$;	$T = 25,578$		
32.	April	3,431	+ 15° 51′	149,05	+ 0,05	— 0,08
		4,466	+ 15 58	163,60	+ 0,06	— 0,05
		5,521	+ 15 36	178,59	— 0,09	— 0,19
		7,483	+ 14 51	206,30	— 0,20	— 0,27
		8,493	+ 15 34	220,22	+ 0,08	+ 0,03
		9,528	+ 15 14	234,91	— 0,05	— 0,08
		10,509	+ 15 24	248,58	+ 0,08	+ 0,07
		11,455	+ 14 37	261,90	+ 0,07	+ 0,06
	April	7,611	+ 15° 20′	207,897		
			$\xi = 14,0666$;	$T = 25,593$		
43.	Mai	0,495	+ 15° 13′	169,62	— 0,05	+ 0,45
		1,477	+ 15 42	183,62	— 0,12	+ 0,28
		3,559	+ 14 44	212,93	+ 0,11	+ 0,29
		4,539	+ 14 14	226,75	+ 0,20	+ 0,27
		5,489	+ 13 37	240,37	+ 0,06	+ 0,02
		6,489	+ 14 20	254,81	— 0,20	— 0,33
		7,509	+ 13 36	268,93	+ 0,16	— 0,09
		8,468	+ 13 25	282,85	— 0,16	— 0,51
	Mai	4,753	+ 14° 21′	229,983		
			$\xi = 14,1885$;	$T = 25,373$		
	März	42,8284	+ 15° 0′	627,22		
			$\xi = 14,0814$;	$T = 25,5657$		

In den beiden Jahren 1861 und 1862 habe ich die heliographischen Oerter von etwa 90 Flecken bestimmt. Einige derselben sind nur an einem Tage beobachtet und kommen nicht weiter in Betracht, viele sind in einer Periode mehrfach beobachtet, und 34 von jenen 90 Nummern kommen auf die in mehr als einer Periode erschienenen Flecken. Die letzteren werde ich sämmtlich mit den aus ihnen hergeleiteten ξ und τ, nach der heliographischen Breite geordnet, aufführen, von der in einer Periode beobachteten nur den südlichsten und zwei dem Aequator nahe Flecken *hinzunehmen*.

Beobachtet	Nummer	Perioden	Oerter	Breite	ξ	T
1861 Juni 15 — Juli 19	96 111	2	11	+25°	13,783	26,120
1862 Jan. 16 — Fbr. 19	7 16	2	8	+21	13,877	25,943
1862 März 9 — Mai 8	23 32 43	3	21	+15	14,081	25,566
1862 Aug. 20 — Sept. 26	96 107	2	11	+14 ,7	14,077	25,574
1861 März 24 — Juli 18	50 65 83 93 107	5	28	+14 ,3	14,022	25,674
1862 Apr. 2 — Mai 6	31 42	2	16	+13 ,2	14,108	25,517
1861 Sept. 27 — Oct. 29	158 173	2	12	+12 ,5	14,295	25,184
1860 Dec. 3 — 1861			7	+ 8 ,3	14,284	25,204
Jan. 2	1	2				
1860 Dec. 2 — 1861			8	+ 6 ,2	14,275	25,220
Jan. 4	3	2				
1862 Sept. 19 — Sept. 25	113	1	5	+ 5 ,0	14,329	25,150
1861 Aug. 2 — Aug. 10	120	1	7	+ 1 ,3	14,669	24,541
1861 Mai 4 — Juni 2	78 86	2	7	− 4 ,3	14,333	25,118
1862 Mai 30 — Juli 3	56 75	2	10	− 6 ,0	14,335	25,113
1862 März 18 — Juni 12	27 35 49 60	4	21	− 9 ,0	14,215	25,325
1861 Juli 29 — Oct. 25	118 138 155 171	4	20	−12 ,7	14,100	25,532
1861 Juni 26 — Juli 26	102 114	2	6	−13 ,9	14,274	25,220
1861 Juni 2 — Juni 9	91	1	8	−30 ,4	13,732	26,216

Hieraus ist ersichtlich, dafs im Allgemeinen die erhaltenen *Rotationszeiten um so gröfser sind, je gröfser die heliographische Breite* des Fleckens ist. Wegen dieses für die eigne Bewegung der Flecken geltenden Gesetzes ist es nicht zulässig, die Rotationszeiten, welche beliebige Flecken ergeben haben, zu einem arithmetischen Mittel zu vereinigen, als ob dadurch eine wahrscheinliche Zahl für die Rotationszeit des eigentlichen Sonnenkörpers erhalten werden könnte. Man könnte nun glauben, dafs diejenigen Flecken, welche häufig wiedergekehrt sind, die wahrscheinlichsten Zahlen für die wirkliche Rotationszeit geben, und wollen wir deshalb diese Flecken besprechen, zumal sich dabei noch Anderes wird anknüpfen lassen. Vorher indessen will ich die Bedingung erörtern, welche ein Flecken erfüllen mufs, der seinen Ort unverändert beibehält.

Da die richtige Lage des Sonnenäquators noch nicht bekannt ist, so kann bei einem Flecken, der bei hinreichend kleiner und fast unveränderlicher Gestalt nur in *einer* Periode erschienen ist, nicht einmal entschieden werden, ob er seine heliographische Breite unverändert behalten hat. Es ist ja allemal möglich, aus den Oertern *einer* Periode durch Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate die Lage des Sonnenäquators so zu bestimmen, dafs die heliographische Breite des Fleckens bis auf die sich gegenseitig ausgleichenden Beobachtungsfehler constant erhalten wird. So ist für den in der Tabelle aufgeführten, dem Aequator nächsten Flecken $\Omega = 66^\circ\ 13'$ und $i = 6^\circ\ 52'$ gefunden, und in Bezug auf diese Lage des Aequators würde der Flecken die constante Breite $= +1^\circ\ 32'$ haben. Werden dagegen die in den populären Schriften angeführten Zahlen $\Omega = 78^\circ$ und $i = 7^\circ\ 30'$ benutzt, so werden die beiden ersten Oerter auf die südliche Halbkugel verlegt und die beiden letzten Oerter liegen nahe in 3° nördlicher Breite. Für die wahrscheinlich richtigere Lage des Aequators $\Omega = 74^\circ$ und $i = 7^\circ$ wird zugleich mit Ausgleichung der Beobachtungsfehler erhalten, dafs der Flecken an dem ersten Tage *August 2 die heliographische* Breite $= +0^\circ\ 26'$, an dem letz-

ten Tage August 10 die Breite $= +2^{\circ}\,12'$ hatte und sich täglich um 13 Minuten nördlich vom Aequator entfernte.

Diese Ungewifsheit wird sehr verringert, wenn der Flecken in einer zweiten Periode wiederkehrt, weil dann die im Laufe der Rechnung benöthigten, auf die Ekliptik bezogenen, »heliocentrischen« Längen und Breiten zweier Perioden verglichen werden können. Die heliocentrischen Längen wachsen ebenso wie die heliographischen Längen; aber auch die heliocentrischen Breiten sind unveränderlich, weil die Rotation der Sonne schief gegen die Ekliptik stattfindet, während die heliographischen Breiten constant sind für jeden Flecken der seinen Ort behält, oder nur eine dem Sonnenäquator parallele Bewegung hat. Kehrt nun ein Flecken in einer zweiten Periode wieder, so müfste, bei Unveränderlichkeit des Ortes, *zu einer wiederkehrenden heliocentrischen Länge auch dieselbe heliocentrische Breite gehören* wie früher. Hierdurch ist man unabhängig von der unbekannten Lage des Aequators. Bei Erfüllung jener Bedingung liegt kein Grund vor *gegen* die Unveränderlichkeit des Ortes; jedoch ist diese noch nicht gewifs, weil immer noch eine dem Aequator parallele Bewegung — aber auch nur eine solche — möglich bleibt. Das Ausschliefsen einer Bewegung in anderer Richtung, und zwar in einem *längeren* Zeitraume, erlaubt die Annahme, dafs die Bewegung in der allein möglichen Richtung nicht sehr bedeutend gewesen seyn möge. Bis jetzt habe ich nur einen Flecken gefunden, welcher die Bedingung hinreichend erfüllte. Es ist der in der Tabelle aufgeführten 1861 September 27 bis October 29 in 12° nördlicher Breite beobachtete Flecken. Aus ihm folgt $\Omega = 74^{\circ}$ und $i = 7^{\circ}$, ferner $\xi = 14{,}295$ und $T = 25{,}1836 = 25$ Tage 4 Stunden 24 Minuten.

Zahlen für T, welche sich nahe anschliefsen, sind mehrfach vorgekommen. Von den 90 Nummern kommt der fünfte Theil auf solche Flecken, welche die Rotationszeit zwischen 25,0 und 25,3 geliefert haben, und von diesen sind die folgenden als solche hervorgehoben, bei denen

keine entschiedene Aenderung der heliographischen Breite hervorgetreten ist.

No. 1 und No. 3 in 8° und 6° nördlicher Breite sind in der Tabelle aufgeführt. Sie geben $T = 25^d\,4^h\,54^m$ und $25^d\,5^h\,17^m$.

No. 50. 1862. Mai 17 — Mai 24; Breite $= +8°\,13'$ durchaus beständig; ein *kleiner* runder Flecken ohne jede Veränderung; $T = 25^d\,4^h\,12^m$.

No. 100. 1862. Aug. 25 — Sept. 2; Breite $= -9°\,32'$. *Grofser* Flecken, fast rund, Gestaltsänderungen nur wenig zu bemerken; $T = 25^d\,1^h\,38^m$.

No. 113. 1862. Sept. 19 — Sept. 25. Breite unverändert $= +5°$. Sehr kleiner Flecken. $T = 25^d\,3^h\,36^m$.

Die übrigen Flecken haben eine meist starke Aenderung der Breite gezeigt, und sollen aufgeführt werden, um darzuthun, dafs in jenen Breiten eine nördliche oder südliche Aenderung derselben *nicht* vorherrschend ist. Andererseits könnten jene Flecken für unseren Zweck als Unterstützung gelten, wenn man als eine Wahrscheinlichkeit zugestehen will, dafs unter den Flecken, welche nahe die richtige Rotationszeit geben, nicht blofs solche von beständiger Breite vorkommen müfsten, sondern auch solche, die vielfachen Wechsel von nördlicher und südlicher Aenderung in der Breite zeigen. Flecken von höherer Breite wandern fast sämmtlich dem näheren Pole zu.

No. 79 und 86. 1861. Mai 4 — Juni 2, von beständig runder Gestalt, *entfernt* sich stark vom Aequator, Breite $= -3°\,23'$ bis $-5°$, giebt $T = 25^d\,2^h\,49^m$.

No. 102 und 114. 1861. Juni 26 — Juli 26, runder Flecken, mittlere Breite $= -14°$, *nähert* sich dem Aequator täglich um 4', giebt $T = 25^d\,5^h\,17^m$.

N. 164. 1861. Oct. 8 — Oct. 16, sehr kleiner Flecken, mittlere Breite $= -9°$; *nähert* sich sehr stark dem Aequator. $T = 25^d\,3^h\,39^m$.

No. 169. 1861. Oct. 15 — Oct. 22, kleiner Flecken, $b = -8°\,27'$, *entfernt* sich täglich um etwa 9' vom Aequator. $T = 25^d\,0^h\,20^m$.

No. 15. 1862. Febr. 12 — Febr. 16. Veränderungen in der Nähe des kleinen Fleckens bemerkt, zunächst Verschwinden eines östlicheren, dann Entstehen und wieder Verschwinden von seinen Begleitern. Breite $= +7^\circ\,16'$ bis $+5^\circ\,41'$, also *nähert* er sich täglich um 14′ dem Aequator. $S = 25^d\,6^h\,16^m$.

No. 47. 1862. Mai 11 — Mai 17, Kernflecken, der nach und nach etwas kleiner wurde, $b = -16^\circ\,11'$. Er *entfernt* sich täglich $7\frac{1}{2}'$ vom Aequator und giebt $T = 25^d\,6^h\,36^m$.

No. 56 und 75. 1862. Mai 30 — Juli 3. Breite -6°. Grofser Flecken, an einigen Tagen mit hervorragender Spitze. Der kleinere Durchmesser ist $1^\circ\,12'$ oder 2000 geographische Meilen. In der zweiten Periode ist er gleich anfangs kleiner und nimmt später noch mehr ab. In jener *entfernt* er sich vom Aequator, in der zweiten Periode *nähert* er sich demselben. Der Mittelwerth für T ist $25^d\,2^h\,43^m$, während die erste Periode allein $25^d\,6^h\,33^m$ giebt. Dieser Flecken ist das zweite Beispiel von einer Verminderung der Gröfse bei Aenderung des ξ. Hier wie in dem früheren Falle No. 43 wird ξ in der letzten Periode gröfser.

Nachdem wir so weit als möglich unser $T = 25{,}184 = 25^d\,4^h\,24^m$ und das zugehörige $\xi = 14{,}295$ unterstützt haben, wollen wir vorläufig als für den eigentlichen Sonnenkörper geltend annehmen $\xi' = 14{,}295$. Da nun für jeden Flecken $\xi = \xi' \pm \Delta\xi$, wo $\Delta\xi$ die tägliche eigene Bewegung des Fleckens, so ist jetzt auch $\Delta\xi$ bekannt.

Unter den vorstehenden Flecken, welche bis auf den vorletzten dem Aequator nahe liegen, liefert die Mehrzahl $T < T_1$, mithin $\xi > \xi_1$, und andere sechs nahe dem Aequator beobachtete Flecken geben ξ noch beträchtlich gröfser als ξ'. Demnach ist die Bewegung im Sinne der Rotation. Da wir nun in unserer Atmosphäre eine solche Bewegung Westwind nennen, so werden wir sagen dürfen, dafs *am Sonnenäquator westliche Stürme vorherrschen.*

Für alle Flecken höherer Breiten, deren die Tabelle *die hauptsächlichsten* enthält, zu denen aber noch viele in

einer Periode beobachtete zuzuzählen wären, ist $\xi < \xi'$. Die Bewegung ist also der Rotationsrichtung entgegengesetzt, so dafs *in höheren Breiten östliche Stürme vorherrschen.*

Die Geschwindigkeit der Stürme folgt aus dem $\Delta\xi$. Für den dem Aequator nächsten Flecken wird $\Delta\xi = 0{,}374$ oder 26 geographische Meilen als stündliche Geschwindigkeit des westlichen Sturmes. Für den durch 4 Perioden verfolgten Flecken No. 118 ergiebt sich die Geschwindigkeit des östlichen Sturmes = 13 geogr. Meilen stündlich, und der südlichste Flecken würde einen östlichen Sturm von mehr als 30 geogr. Meilen stündlicher Geschwindigkeit erfahren haben. Diese Zahlen geben aber nur die dem Aequator parallele Componente und müfsten durch Hinzunehmen der andern Componente noch vergröfsert werden, um die wirkliche Geschwindigkeit zu erhalten.

Es ist schon oben gesagt, dafs noch diejenigen Flecken besprochen werden sollen, welche häufig wiedergekehrt sind, und bei denen man aus diesem Grunde annehmen könnte, dafs sie die wirkliche Rotationszeit liefern. Letzteres würde nun wohl für den in 5 Perioden beobachteten Flecken sicherlich nicht gelten können, da bei demselben zu grofse Wechsel des ξ und der Gestalt vorkommen. Für die Periode I und II gilt $\xi = 14{,}176$ und die Geschwindigkeit = 8 Meilen; dabei ist der Flecken schon in I beträchtlich gewachsen und Anfangs II als sehr grofser Flecken erschienen. Für III, wo der Flecken zerrissen ist und noch das südlichste Stück verschwindet, gilt $\xi = 13{,}717$, wodurch eine so starke östliche Strömung angezeigt ist, $\Delta\xi = 0{,}578$ oder 39 Meilen stündlich, wie kein anderer Flecken für einen gleich langen Zeitraum ergeben hat. In IV für den verkleinerten Flecken ist $\xi = 13{,}852$, also $\Delta\xi = 0{,}443$ oder 29 Meilen stündlich, eine zwar kleine aber doch noch sehr beträchtliche Geschwindigkeit der östlichen Stürme. Merkwürdig genug lassen sich die vier Perioden in oben angegebener Weise vereinigen, so dafs die verbleibenden *Längenunterschiede klein* genug sind, und mit dem Mittelwerthe

$\xi = 14{,}0217$, anknüpfend an die mittlere Länge der vier Perioden, erhält man sehr nahe die ersten Oerter der fünften Periode. Während dieser fünften Periode zeigte sich der Flecken anfangs rund, verlängerte sich dann aber in der Richtung nach einem in demselben Hofe entstandenen feinen Flecken. Nachdem eine vorgestreckte Spitze diesen erreicht hatte, nahm er am anderen Ende erst ab und zertheilte sich bald. Hervorzuheben ist, dafs *die beträchtlichen Aenderungen der Gestalt zusammentreffen mit den so erheblichen Aenderungen der Geschwindigkeit* in der Ortsveränderung (vgl. oben No. 43 und 75). Ein solches Zusammentreffen, wie es öfters bemerkt ist, scheint mit Nothwendigkeit stattzufinden, zumal bei geringeren Aenderungen der Geschwindigkeit nicht so auffällige Veränderungen der Gestalt vorkommen. So hat der durch vier Perioden verfolgte Flecken, 1861 No. 118 usw., fast bis gegen Ende der letzten Periode nur geringfügige Aenderungen der Gestalt und daneben eine ziemlich regelmäfsige Bewegung gezeigt. In seiner zweiten Periode konnten leider nur zwei Oerter beobachtet werden, was ich um so mehr bedauere, als nun nicht hinreichend festgestellt werden konnte, ob in den Perioden I und II die für die heliocentrischen Breiten aufgestellte Bedingung erfüllt wird. Die heliographische Breite in II ist fast ebenso wie in I, dagegen in III beträchtlich gröfser als in II, und ebenso in IV gröfser als in III, so dafs in diesen Perioden jene Bedingung *nicht* erfüllt wird. Aus I und II folgt $\xi = 14{,}104$, $T = 25{,}525$ (Ost: 13 Meilen stündlich), und aus den vier Perioden folgt nahe ebenso $\xi = 14{,}1001$, $T = 25{,}5317 = 25^{d}\,12^{h}\,46^{m}$. Während der Periode IV beginnt der an sich nicht grofse Flecken auffallend kleiner zu werden, und ξ nimmt von Oct. 24 an merklich ab. Deshalb ist nur noch der Ort für Oct. 25 in die Zusammenstellung aufgenommen: die beiden folgenden Oerter mufsten wegen der zu beträchtlichen Verringerung des ξ ausgeschlossen werden. Aufserdem wuchs die heliographische Breite von Oct. 25 bis Oct. 27 um $1\frac{1}{2}$ Grad.

Bei dem durch vier Perioden verfolgten Flecken, 1862

No. 27 usw., findet keine beträchtliche Aenderung der Breite statt. Die Mittelzahl $\xi = 14{,}215$, $T = 25{,}325$ ist erhalten aus den Perioden I, III und IV, welche sich so zusammenstellen lassen, dafs nur kleine Längenunterschiede zurückbleiben, und doch sind die ξ für I und III verschieden, nämlich $\xi = 14{,}145$ für I und $\xi = 14{,}255$ für II. Danach wären in I und II östliche Stürme gewesen mit den stündlichen Geschwindigkeiten = 10 Meilen und 3 Meilen. Berechnet man mit der mittleren Länge für I und dem zugehörigen ξ die *Zeit*, zu welcher der Flecken dieselbe Länge gehabt hätte, als wenn man von der mittleren Länge von III mit dem zugehörigen ξ *zurückrechnet*, so wird man sehr nahe auf den Anfang der zweiten Periode geführt, wo solche Gestaltsveränderungen des Fleckens stattfanden, dafs von einem Tage zum anderen ein bestimmter Punkt für die Beobachtung nicht festgehalten werden konnte. Hier würde also der Rechnung gemäfs die zwischen II und III stattgefundene Aenderung der Geschwindigkeit in die Zeit II zu setzen seyn, wo die mehrfachen Gestaltsveränderungen des Fleckens bemerkt waren. In der Periode IV konnte der Flecken ungünstiger Witterung wegen nur bis Juni 12 beobachtet werden, als er fast die Mitte der Sonnenscheibe erreicht hatte; der Flecken war klarer, und ebenso ξ viel kleiner als früher, nämlich $\xi = 14{,}058$ (also Ostwind von 16 Meilen Geschwindigkeit anzeigend). Darauf Juni 15 war der Flecken so schwach, dafs er nicht mehr auf den ersten Hinblick zu bemerken war.

Den in drei Perioden beobachteten Flecken, 1862 No. 23 usw., habe ich oben specieller aufgeführt, zugleich mit ihm einen anderen zu Anfang des April und Mai beobachteten, und in den Bewegungen der beiden einander nahen Flecken einiges Gleichartige nachgewiesen. So könnte auch aus anderen Flecken belegt werden, dafs die gleichzeitigen Strömungsverhältnisse in nicht zu grofsem Abstande manche Uebereinstimmung zeigten, indessen ist auch das Gegentheil wiederholt vorgekommen, und zwar recht auffallend bei den Flecken No. 93 und 95, welche 1862

April 16 um $20\frac{3}{4}$ Grad, April 24 um $22\frac{1}{4}$ Grad in Länge differirten, in der Breite aber nur um 2 Grad verschieden waren. No. 93 in $9\frac{1}{2}$ Grad Breite gab $\xi = 14{,}0835$ und No. 95 in $11\frac{1}{2}$ Grad Breite gab $\xi = 13{,}899$, wonach jener einem östlichen Sturme von 14 Meilen, dieser einem östlichen Sturme von 27 Meilen stündlicher Geschwindigkeit unterworfen gewesen wäre. Wenn nun auch diese Zahlen für die Geschwindigkeit noch nicht verbürgt werden können, so ist doch der Unterschied derselben, nämlich 13 Meilen stündlich, als sicher anzusehen.

Schliefslich will ich noch eines grofsen Fleckens erwähnen, dessen Entstehen aus einer Gruppe unbedeutender Flecken gesehen wurde. Einzelne dieser kleinen Flecken wurden gröfser, nahmen durch Vereinigung mit anderen unregelmäfsige Gestalten an und schlossen sich dann zu einem ziemlich runden grofsen Flecken zusammen. Indem gleich darauf von Sept. 27 — bis Oct. 5 1862 der Ort beobachtet wurde, konnte erwartet werden, dafs in den ξ die starke Bewegung, welche den Flecken hervorgerufen, erkennbar seyn würde.

1862	Breite	Länge	ξ	T	Meilen stündlich
Sept. 29,511	$-14^\circ\,29'$	$-\ 0{,}67$	14,92	24,12	42,4 West
30,445	$-13^\circ\,59'$	$+13{,}27$	14,69	24,52	26,9 West
Oct. 1,454	$-13^\circ\,51'$	$+28{,}09$	14,42	24,97	8,5 West
2,482	$-13^\circ\,53'$	$+42{,}91$	14,20	25,35	6,5 Ost
5,410	$-13^\circ\,24'$	$+84{,}48$			

Ein so grofser Werth $\xi = 14{,}92$, wie zwischen Sept. 29 und Sept. 30 stattfindet, ist sonst nicht vorgekommen und für die Breite 14 Grad auffallend. Es zeigte sich aber auch, dafs der Flecken noch starke Umbildungen erfuhr, namentlich war er Oct. 3 mehr sichelförmig. An diesem Tage würde der Rechnung gemäfs der Weststurm aufgehört und der Oststurm begonnen haben. Wollte man von dem als wahrscheinlich für die Sonne aufgenommenen $\xi' = 14{,}295$ abgehen und dafür $\xi = 14{,}1$ setzen, wie es aus den Flecken 1861 No. 118 usw. und 1862 No. 31 usw. erhalten wurde, *so würde* im vorliegenden Falle der Sturm für alle Tage

westlich gewesen seyn, mit den Geschwindigkeiten 56 Meilen für Sept. 29 und 7 Meilen für Oct. 5. Eine noch kleinere Zahl für ξ, welche die Geschwindigkeiten gröfser gäbe, hätte dem Obigen gemäfs gar keine Wahrscheinlichkeit.

Wie sich nun die auf Berechnung astronomischer Messungen beruhenden Resultate zu den Hypothesen verhalten, nämlich der älteren bisher von den Astronomen angenommenen und der neueren von Kirchhoff aufgestellten, darüber zu urtheilen überlasse ich zunächst dem geehrten Leser. Ich habe mich bemüht, die Ausdrücke so zu wählen, dafs die Darstellung von den beiden Hypothesen unabhängig blieb.

Anclam 1862, Oct. 19.

XII. *Ueber den Meteorstein von Lons-le-Saunier im Jura-Departement.*

In *Stark's Meteorologischem Jahrbuch*, 1837, S. 9, findet sich folgende Angabe:

»März 1837. Am 28. fiel bei Long-le-Saunier ein Meteorstein nieder. Er war 10 Zoll tief in den Boden eingedrungen, 5 Fufs hoch und 3 Fufs breit.«

Auf eine wegen dieses angeblichen Meteorsteinfalles, über welchen sich in sonstigen wissenschaftlichen Zeitschriften keine weiteren und genaueren Angaben vorfinden, an den Herrn Secretair der Mairie von Lons-le-Saunier gerichtete Anfrage, hatte derselbe die Güte die nachfolgende Auskunft zu ertheilen:

Département du Jura.
Ville de Lons-le-Saunier.
Cabinet du Maire.

Lons-le-Saunier le 17 *Nov.* 1862.

Monsieur!

L'aérolithe tombé à Lons-le-Saunier, en 1837, *n'a jamais existé que dans l'imagination d'un rédacteur du journal de*

la localité qui mystifia ainsi une partie de la population et crut faire le plus beau trait du monde.

Tel est du moins le renseignement fourni par une personne dont les souvenirs sont précis à cet égard. Pour mon compte j'ai un vague souvenir qu'un canard de cette nature a paru dans la Sentinelle du Jura, soit en 1837, soit en 1838. Pourtant en feuilletant les numéros de ces deux années, je n'ai pas trouvé le fait consigné. Il tient peut-être en trois ou quatre lignes qui auront échappé à mon examen. Quoiqu'il en soit, toutes les personnes que j'ai consultées à cet égard regardent l'aérolithe, au sujet duquel vous m'écrivez, comme une plaisanterie d'un goût assez équivoque, c'est vrai, mais comme une plaisanterie.

Recevez, Monsieur, l'assurance de ma parfaite considération

Le Secrétaire en Chef
Perrin.

Aus diesem Schreiben geht demnach hervor, dafs dieser angebliche Meteorsteinfall von Lons-le-Saunier, 28. März 1837 — gleich dem in der Neuen Preufs. Zeitung No. 118, 1853 erwähnten angeblichen Meteorsteinfall von Mannheim vom April 1853, und gleich dem der Londoner *Times* No. 24002, 1861 entstammenden angeblichen Meteorsteinfall von Chorley Rectory bei Lancaster vom 1. Aug. 1861 — nichts weiter ist als eine müfsige Erfindung und Zeitungsente, und dafs er daher aus denjenigen Meteorstein-Verzeichnissen, in welche er auf Stark's Angabe hin bereits übergegangen, wiederum *zu streichen* ist. (Mittheilung vom Hrn. P. A. Kesselmeyer in Frankfurt a. Main, 21. November 1862.)

XIII. *Vortheilhafte Darstellung des Kienmayer'schen Amalgams;*

von C. A. Grüel,
Mechaniker in Berlin.

Da zur Erreichung der höchsten Wirkung einer Elektrisirmaschine aufser der günstigen Beschaffenheit des Glases und der richtigen Construction des Reibers eine gleichmäfsige Belegung der Kissen mit möglichst oxydfreiem Amalgam gehört, so habe ich, um letztere Bedingung zu erfüllen, ein Verfahren befolgt, welches sich in jeder Beziehung bewährt hat.

Ich verwandle die festen Bestandtheile der bekannten Mischung (2 Gewichtstheile Hg, 1 Gewichtstheil Sn, 1 Gewichtstheil Zn) in ihrem reinsten oxydfreien Zustande an der Drehbank in sehr feine haarlockenförmige Theile, und behandele so fort die ganze vorhandene, höchst voluminöse Masse, nach allmähligem Eintragen in einen vorher erwärmten eisernen Mörser, bis zur erlangten vollständigen Gleichförmigkeit. Diefs Amalgam, in gut verschlossenem Glase aufbewahrt, hat zwar wie gewöhnlich die Neigung, in den krystallinischen Zustand überzugehen; es läfst sich aber leicht pulvern, und liefert unter Zusatz einer ganz geringen Menge reinen gewöhnlichen Lichttalgs (nicht Stearin) eine vorzügliche Wirkung. Die Schmelzung der Metalle mit ihren unvermeidlichen Nachtheilen ist durch die angegebene Methode ganz beseitigt.

Ich erlaube mir nur hier die Bemerkung anzufügen, dafs die absolute Reinheit der geriebenen Glasfläche, welche man nicht ohne einige Mühe erreicht, die Kraft der Maschine in solchem Maafse steigert, wie es nicht allgemein bekannt ist. Das Glas mufs fast dieselbe Probe bestehen können, welche der Photograph nach dem Putzen seiner Glasplatten anstellt, um sich von der Sauberkeit der Fläche zu *überzeugen.* *Keine* Mühe wird so glänzend im wahren

Sinne des Wortes belohnt, als das Abputzen der Scheiben mit Schlemmkreide und Alkohol, mit alten Leinen, und trockenem Nachputzen, und es ist diefs unbedingt nothwendig, wenn die Maschine längere Zeit oder unter dem Einflufs der Verbrennungsproducte des Leuchtgases oder wohl gar saurer Dämpfe, etwa von gebrauchten Gefäfsen oder vorher angestellten galvanischen Versuchen etc. herrührend, gestanden hat. Walzenmaschinen haben den Fehler, dafs nur unter der Bedingung vollkommener Reinheit, auch der Innenfläche der Walze, die höchste Wirkung erzielt wird. Bei Scheiben, deren Auswahl unter den wenigen jetzt brauchbaren Glassorten getroffen werden mufs, ist die Reinigung allezeit möglich.

XIV. *Notizen.*

1. ***Zink***, welches, metallisch, bisher noch nicht scheint in der Natur gefunden worden zu seyn, ist als solches von Hrn. Phipson in einem Basalt von Brunswick bei Melbourne (Australien) entdeckt (*Compt. rend. LV*, 218).

2. ***Chrom***, ***Mangan*** und ***Kobalt*** lassen sich nach HH. Ch. W. Vincent und B. W. Giles metallisch darstellen, wenn eine wässerige Auflösung ihrer Chlorüre kalt mit Natrium-Amalgam behandelt wird. Es bilden sich dadurch Amalgame, aus welchen, durch Abdestillation des Quecksilbers, das damit verbunden gewesene Metall in Pulverform erhalten werden kann (*Phil. Mag.* 1862. *Oct. p.* 328).

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Stallschreiberstrafse 47.

1862. ANNALEN No. 12.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND CXVII.

I. *Photochemische Untersuchungen;* *von R. Bunsen und H. Roscoe.*

VI. Abhandlung.

Meteorologische Lichtmessungen.

Die photochemische Wirkung, welche von den directen Sonnenstrahlen, oder von dem diffusen Lichte des heiteren Himmelsgewölbes auf ein horizontales Flächenelement ausgeübt wird, ist je nach der Zeit und geographischen Breite verschieden und bildet ein wichtiges Glied in der Kette von physikalischen Erscheinungen, durch welche die Thier- und Pflanzenwelt mit der leblosen Natur zusammenhängt.

In einer früheren Arbeit haben wir versucht, die Vertheilung dieser chemischen Wirkungen an der Erdoberfläche für den Fall einer völlig ungetrübten Atmosphäre nach Zeit und Ort auf empirischem Wege zu bestimmen. Leider bieten die von uns bei diesen Messungen befolgten Methoden keinen Anhaltpunkt, die Elemente zur Bestimmung des photochemischen Klimas auch für den bei weitem häufigeren Fall einer ganz oder theilweise durch Wolken und meteorische Niederschläge getrübten Atmosphäre festzustellen. Wir haben daher diese Aufgabe in anderer Weise zu lösen gesucht.

Trotz der vielen erfolglos angestellten Versuche, die Lichtstärke durch photographische Schwärzungen in allgemein vergleichbarem Maafse zu messen, schien es uns doch nicht unmöglich, auf diesem Wege zu dem gewünschten Ziele *zu gelangen.* Schon vor mehr als zwanzig Jahren

hat Jordan, und nach ihm Hunt, Herschel [1]), Claudet [2]) und Andere durch solche Schwärzungen die chemischen Lichtwirkungen zu messen versucht; allein alle auf ein solches Princip gegründete Instrumente müssen zu völlig illusorischen Resultaten führen, so lange es nicht gelungen ist, eine photographische Schicht von stets gleicher Empfindlichkeit herzustellen und eine gesetzmäfsige Abhängigkeit der Schwärzung von der Expositionszeit und Lichtstärke aufzufinden.

Die Erledigung der Frage, ob die photographische Schwärzung mit der wirkenden Lichtmenge in weiteren Gränzen proportional erfolgt, bot sich uns in dieser Hinsicht als erste Aufgabe dar. Zur Messung des Grades der Schwärzung diente uns eine rotirende Scheibe mit schwarz und weifsen Sectoren, deren Verhältnifs zu einander beliebig verändert werden konnte. Indem wir $\frac{1}{10}$, $\frac{2}{10}$, $\frac{3}{10}$ usw. der Scheibenoberfläche aus schwarzen Sectoren bestehen liefsen, erhielten wir die entsprechenden Schwärzungen $\frac{1}{10}$, $\frac{2}{10}$, $\frac{3}{10}$ usw. auf der in Rotation versetzten Scheibe, deren mittlerer Theil mit dem zu vergleichenden, durch die Lichtwirkung veränderten Papier ausgefüllt war. Es zeigte sich gleich bei den ersten Versuchen, dafs bei äufserst schwachen Schwärzungen der photographischen Schicht noch sehr kleine Unterschiede in der Schwärzung durch das Auge wahrgenommen werden können, bei intensiven Schwärzungen dagegen eine Schätzung nicht mehr möglich ist. Die Versuche zeigten uns ferner, dafs bei Anwendung von photographischem Papier zwischen der wirkenden Lichtintensität und den dadurch in gleicher Zeit erzeugten Schwärzungen keine Proportionalität besteht. So erhielten wir z. B. sehr abweichend von einer solchen Gesetzmäfsigkeit für die Lichtmengen 5 und 1 die entsprechenden Schwärzungen 0,50 und 0,22. Wir haben daher von vorn herein auf jede Messung verzichtet, welche sich auf eine Schätzung *verschiedener* Schwärzungen stützt.

1) *Philos. Transact.* 1840 *p.* 46.
2) *London Philos. Magazin*, 3. Ser. Tom. 33, p. 329.

Es war nun zu untersuchen, ob nicht gleiche, durch verschiedene Lichtstärken in verschiedenen Zeitdauern hervorgebrachte Schwärzungen einen erfolgreichen Anhalt zu solchen Maafsbestimmungen darbieten können, für den Fall nämlich, dafs gleiche Producte der Lichtintensität und Insolationsdauer gleichen Schwärzungen entsprächen. Dieser Satz, welchen Malagati [1]) schon vor längerer Zeit hypothetisch angenommen hat, ist neuerdings von Hankel [2]) innerhalb der engen Gränzen einer von 1 bis $2\frac{1}{7}$ wechselnden Lichtstärke annähernd richtig befunden worden. Um die allgemeinere Gültigkeit desselben in den für unsere Zwecke nöthigen Gränzen zu beweisen, bot sich die Nothwendigkeit dar, sehr kleine Zeitdauern der Lichtexposition noch mit grofser Genauigkeit zu messen und den Punkt gleicher Schwärzung scharf zu bestimmen. Es diente uns dazu folgendes Instrument:

Das eiserne Gestell Fig. 1 Taf. VII trägt die durch drei Stellschrauben horizontal zu stellende Metallplatte *A*, in der sich ein in der Zeichnung schwarz dargestellter, 15 Mllm. breiter und 190 Mllm. langer Schlitz befindet, über welchem ein äufserst dünnes, oben von *b* bis *c* geschwärztes Glimmerblatt *bcd* liegt, das bei *d* an der kreisförmigen Trommel *E* des Pendels *F* befestigt ist. Versetzt man das Pendel in Schwingungen, so wird das Glimmerblatt, welches sich auf der Trommel auf- und abwickelt, bei jeder Schwingung fortgezogen und wieder über den Schlitz zurückgeschoben, der dadurch an jedem Punkte seiner ganzen Länge eine verschieden lange Zeit insolirt wird.

Will man mittelst dieses Apparates ein sensibeles Papier verschiedene Zeiten dem Lichte aussetzen, so klebt man dasselbe auf den mit *weifsem* Papier überzogenen Metallschieber *G* mit etwas Mundleim fest, deckt einen zweiten übergreifenden, das Papier nicht berührenden,

1) *Ann. de chim. et de phys.* 62, *p.* 5.

2) Messungen über die Absorption der chemischen Strahlen des Sonnenlichts. Abhandl. der k. sächsischen Gesellschaft d. Wissenschaften zu *Leipzig 1862. Bd. 9, S. 55.*

schwarz angestrichenen Metallschieber darüber und führt diese Vorrichtung in das unter dem Schlitz befindliche, dem Licht unzugängliche Schubfach *h* ein, vor dessen vorderer Oeffnung ein schwarzer Tuchstreifen zur Abhaltung des Lichts herabgelassen wird. Ist der obere Schiebdeckel entfernt, so darf man nur noch die Schraube *k* etwas anziehen, um das Papier so gegen den Schlitz anzudrücken, dafs die möglichst dünn gearbeiteten Ränder des Schlitzes dicht genug auf dem Papier anschliefsen, um ein seitliches Eindringen des Lichtes zu verhindern. Durch Empordrücken des Hebels *nml* bei *l* wird das Pendel aus dem Sperrhaken bei *m* ausgelöst und nach Vollführung einer Schwingung von dem zweiten vorderen Sperrhaken bei *n* wieder festgehalten. Will man die Insolationszeiten verdoppeln oder überhaupt vervielfachen, so wiederholt man die Schwingung ein oder mehrere Male, indem man jedesmal zuvor die Pendelstange, durch eine Hebung nach *l* hin, in den oberen Sperrhaken hat einspringen lassen. Um das Auslösen und wieder Einfangen des Pendels nach einer jeden Schwingung leicht und sicher zu bewerkstelligen, ist der Hebel ein für allemal durch ein kleines, darauf bei *l* angebrachtes Gewicht so balancirt, dafs der Hebelarm *nm* nur wenig leichter ist als der Hebelarm *l*.

Die Insolationszeit der sensibelen Schicht an irgend einer Stelle des Schlitzes ergiebt sich aus der Schwingungsdauer und Amplitude des Pendels.

Es sey $\alpha\alpha$ Fig. 2 Taf. VII das Ende des Glimmerblattes bei der Lage, in welcher das Pendel im Sperrhaken *m* Fig. 1 festgehalten wird, $\beta\beta$ Fig. 2 die Lage, in der dieses Ende sich befindet, wenn das Pendel in seiner Gleichgewichtslage ist, $\gamma\gamma$ die Lage, in welcher dieses Ende bei der Schwingung des Pendels gekommen ist nach Verlauf der Zeit *t*, welche nach dem Freilassen des Pendels verflossen ist. Nennt man *u* die Entfernung $\gamma\beta$ und τ die Zeit, welche der bei γ liegende Punkt des sensibelen Papierstreifens insolirt ist, so ergiebt sich auf folgendem Wege einfach die Beziehung zwischen *u* und τ. Es sey α die

Amplitude, d. h. die Länge, $\alpha\beta$ und T die Dauer einer einfachen Schwingung, so ist bekanntlich

$$u = a \cos\left(\frac{t}{T}\pi\right).$$

Es sey t_1 die Zeit, zu welcher das Ende des Glimmerblattes bei der Rückschwingung wieder in die Lage $\gamma\gamma$ gekommen ist, so ist

$$t_1 = 2T - t$$

weiter ist aber

$$\tau = t_1 - t$$

also auch

$$\tau = 2(T - t)$$

oder wenn man t durch u ausdrückt

$$\tau = \frac{2T}{\pi}\left(\pi - \text{arc cos}\,\frac{u}{a}\right)$$

oder was dasselbe ist

$$1) \quad u = -a \cos\left(\frac{\tau}{2T}\pi\right).$$

Bei unserem Instrumente war die Amplitude $a = 105{,}0$ Millm. und $T = \frac{5}{4}$ Sexagesimalsekunden. Nach Formel 1) läfst sich leicht eine Tabelle berechnen, in welcher für jeden Punkt des Schlitzes die Insolationsdauer angegeben ist, d. h. die Zeit, in welcher dieser Punkt während einer Pendelschwingung vom geschwärzten Glimmerblatte unbedeckt bleibt. Wir haben zu diesem Zweck unsern Spalt, der sich von $\beta\beta$ an gerechnet 85^{mm} weit bis δ und 105 Millm. weit bis ε Fig. 2 Taf. VII erstreckt, mit einer Millimeterscale versehen, deren Nullpunkt bei δ liegt. In der Columne I der folgenden Tabelle sind diese Millimeter als Argumente für die in Columne II enthaltenen in Sekunden gemessenen Insolationsdauern angegeben.

Tabelle I.

Mllm.	Sekund.	Mllm.	Sekund.	Mllm.	Sekund.	Mllm.	Sekund.
0	1,200	47	0,927	94	0,709	141	0,482
1	1,193	48	0,922	95	0,704	142	0,476
2	1,186	49	0,917	96	0,700	143	0,470
3	1,179	50	0,912	97	0,695	144	0,465
4	1,172	51	0,907	98	0,691	145	0,459
5	1,165	52	0,903	99	0,686	146	0,453
6	1,158	53	0,898	100	0,682	147	0,448
7	1,151	54	0,893	101	0,677	148	0,442
8	1,144	55	0,888	102	0,672	149	0,436
9	1,137	56	0,884	103	0,668	150	0,431
10	1,131	57	0,879	104	0,663	151	0,425
11	1,125	58	0,874	105	0,659	152	0,419
12	1,119	59	0,870	106	0,654	153	0,413
13	1,113	60	0,865	107	0,650	154	0,407
14	1,106	61	0,860	108	0,645	155	0,401
15	1,100	62	0,856	109	0,640	156	0,394
16	1,094	63	0,851	110	0,635	157	0,388
17	1,087	64	0,846	111	0,631	158	0,382
18	1,081	65	0,841	112	0,626	159	0,376
19	1,076	66	0,837	113	0,621	160	0,369
20	1,070	67	0,832	114	0,617	161	0,363
21	1,064	68	0,828	115	0,612	162	0,357
22	1,058	69	0,823	116	0,607	163	0,350
23	1,053	70	0,819	117	0,603	164	0,343
24	1,047	71	0,814	118	0,598	165	0,336
25	1,041	72	0,809	119	0,593	166	0,329
26	1,036	73	0,805	120	0,588	167	0,321
27	1,030	74	0,800	121	0,583	168	0,314
28	1,025	75	0,796	122	0,578	169	0,307
29	1,019	76	0,791	123	0,573	170	0,300
30	1,014	77	0,786	124	0,568	171	0,291
31	1,009	78	0,782	125	0,563	172	0,283
32	0,003	79	0,777	126	0,558	173	0,274
33	0,998	80	0,773	127	0,553	174	0,266
34	0,993	81	0,768	128	0,549	175	0,257
35	0,988	82	0,764	129	0,544	176	0,249
36	0,983	83	0,759	130	0,539	177	0,240
37	0,977	84	0,755	131	0,534	178	0,229
38	0,972	85	0,750	132	0,528	179	0,219
39	0,967	86	0,745	133	0,523	180	0,208
40	0,962	87	0,741	134	0,518	181	0,198
41	0,957	88	0,736	135	0,513	182	0,187
42	0,952	89	0,732	136	0,508	183	0,176
43	0,947	90	0,727	137	0,502	184	0,161
44	0,942	91	0,723	138	0,497	185	0,146
45	0,937	92	0,718	139	0,492	186	0,131
46	0,932	93	0,714	140	0,487	187	0,116

Das in dem Schlitz während der Pendelschwingung insolirte Papier zeigt eine auf seiner ganzen Länge stetig abnehmende Schwärzung. Die Tabelle giebt daher für jede dieser auf dem Papier hervorgebrachten Schwärzungen die Zeitdauer der Insolation.

Will man bestimmen, welcher Schwärzung des Papierstreifens eine gegebene, durch andere Lichteinwirkung erzeugte Schwärzung gleichkommt, so darf man eine solche Vergleichung weder bei Tageslicht, noch bei gewöhnlichem Kerzenlicht vornehmen, da schon das schwächste noch zum deutlichen Sehen erforderliche Licht dieser Art während der Beobachtung selbst eine erhebliche Aenderung des Papiers hervorbringen kann. Noch weniger schien uns eine vorgängige Fixirung der geschwärzten Schicht zulässig, da die Schwärzung dadurch unregelmäfsige Veränderungen erleidet. Wir haben die Schwierigkeit, welche sich von dieser Seite darbietet, dadurch überwunden, dafs wir die Beleuchtung durch eine intensive Natronflamme bewirkten, welche sich photochemisch so indifferent verhält, dafs man ihre durch eine grofse Sammellinse concentrirten Strahlen Stunden lang auf sensibeles Papier ohne Nachtheil wirken lassen kann. Diese Beleuchtungsmethode bietet zugleich den grofsen Vortheil dar, dafs die kleinen Farbenunterschiede, welche die Vergleichung geschwärzter Flächen für das Auge unsicher machen, durch das monochromatische Natronlicht unschädlich gemacht werden.

Um nicht bei jeder Vergleichung das ganze Instrument ins Dunkele bringen zu müssen, haben wir dessen Scale auf das in einem Falz verschiebbare, mit weifsem Papier überzogene Holzbrettchen Fig. 3*a* Taf. VII aufgetragen, und den vom Schieber *G* Fig. 1 Taf. VII abgenommenen insolirten Papierstreifen in der dem Schlitz entsprechenden Lage mit etwas Mundleim darunter geklebt. *A* (Fig. 4) ist eine mittelst einer Feder gegen den Papierstreifen in unveränderlicher, aus Fig. 3 ersichtlicher Stellung angedrückte Holzplatte mit kreisrundem, 5 bis 6^{mm} weitem Loche, dessen *untere Hälfte von dem* auf seine Schwärzung zu vergle-

chenden Papier eingenommen wird. Indem man durch die Natronflamme *C* mittelst der starken Beleuchtungslinse *D* die Oeffnung der Holzplatte grell beleuchtet, kann man durch Hin- und Herziehen des Schiebers leicht und mit grofser Schärfe den Punkt bestimmen, wo die obere und untere Hälfte der kreisrunden Oeffnung der Holzplatte dem Auge gleich geschwärzt erscheint, und dann an der darüber befindlichen Scale ablesen, welcher Insolationsdauer der Papierstreifen im Pendelapparat ausgesetzt war, um die an der beobachteten Stelle vorhandene Schwärzung zu erlangen. Es ist wesentlich für die Genauigkeit der Beobachtungen, dafs das Auge während derselben stets dieselbe Lage beibehält, und zwar nahezu in der Richtung der Normale des zu beobachtenden Papierscheibchens.

Nachdem wir durch Beobachtungen mit dem eben beschriebenen Instrumente in den Stand gesetzt waren, die zu gleichen Schwärzungen erforderlichen Zeiten auf Hundertel Sekunden genau zu messen, kam es zunächst weiter darauf an, eine Reihe constanter, möglichst weit von einander abliegender, genau mefsbarer Lichtstärken herzustellen, um mittelst derselben photographische Schwärzungen erzeugen zu können. Wir haben dazu directes Sonnenlicht benutzt, und uns auf folgende Weise unabhängig gemacht von den Veränderungen der Lichtintensität, welche durch die wechselnde Zenithdistanz der Sonne und die verschiedene Durchsichtigkeit der Atmosphäre bedingt wird. Wir fügten nämlich in das Dach eines verfinsterten Bodenraumes eine Messingplatte ein, die mit scharfrandigen, kreisrunden, von aufsen versenkten Löchern, von verschiedenen auf das sorgfältigste mikrometrisch gemessenen Durchmessern versehen war, und liefsen durch diese Löcher directes Sonnenlicht auf das zu schwärzende Papier fallen. Dieses Papier wurde senkrecht gegen die auffallenden Strahlen in einer solchen Entfernung von der Platte aufgestellt, dafs die von dem Orte desselben gesehenen Löcher einen kleineren scheinbaren Durchmesser zeigten als die Sonnenscheibe. Die Lichtstärken der auf dem Papier gleichzeitig erzeugten

Sonnenbilder, deren einzelne eine solche Deutlichkeit gewährten, dafs gröfsere Sonnenflecke sich mit Leichtigkeit erkennen liefsen, müssen sich, ganz unabhängig von der Höhe des Sonnenstandes und der Durchsichtigkeit der Atmosphäre, der Fläche der Löcher proportional verhalten.

Indem wir diese Sonnenbilder von der Intensität J_0 J_1 J_2 .... während der Zeiten t_0 t_1 t_2 .... wirken liefsen, ergab sich für jede der erhaltenen Schwärzungen das Product $J_0 t_0$ $J_1 t_1$ ....

Wir liefsen nun Licht des Himmelsgewölbes von der Intensität i auf ein anderes Stück desselben photographischen Papiers im Pendelapparat wirken, und erhielten dadurch auf dem erzeugten, von Schwarz in Weifs abfallenden Streifen eine Reihe successiver Schwärzungen. Für jede derselben liefs ich die Insolationsdauer T_0 T_1 T_2 .... direct an der Scale ablesen und daher auch das Product iT_0 iT_1 .... bilden. Wir ermitteln nun bei Natronlicht auf dem Papierstreifen die Punkte, welche die durch die einzelnen Sonnenbilder erzeugten Schwärzungen besafsen. Es ergaben sich dadurch unter der Annahme, dafs für gleiche Schwärzungen die Producte der Insolationsdauer und der Intensität gleich sind, folgende Gleichungen:

$$J_0 t_0 = iT_0$$

$$J_1 t_1 = iT_1$$

also

$$\frac{J_0}{J_1} = \frac{t_1 T_0}{t_0 T_1};$$

oder, wenn die mit dem Index 1 versehenen Zeichen auf irgend eine der Beobachtungen bezogen werden:

$$(2) \quad T_1 = t_1 J_1 \text{ Const.}$$

Folgende Versuche zeigen, dafs dieser Gleichung in der That genügt wird:

Erste Versuchsreihe am 8. August 1860 12h 30′ bei völlig wolkenlosem Himmel.

I. J	II. t	III. T beobachtet	IV. T berechnet.	V. Diff.
1,00	20″	2″,55	2″,47	− 0″,08
1,69	20	4 ,06	4 ,17	+ 0 ,11
2,78	20	7 ,01	6 ,86	− 0 ,15
4,00	20	9 ,92	9 ,87	− 0 ,05
5,44	20	13 ,46	13 ,43	− 0 ,03
7,47	20	18 ,26	18 ,44	+ 0 ,18

Zweite Versuchsreihe am 2. August 1862 12h 10′ bei völlig wolkenlosem Himmel.

1,00	150″	4″,53	4″,75	+ 0″,22
1,71	150	8 ,71	8 ,15	− 0 ,56
36,81	10	11 ,62	11 ,66	+ 0 ,04
45,04	10	14 ,08	14 ,28	+ 0 ,20

Die erste Columne enthält die Intensität der zur Schwärzung des Papiers benutzten Sonnenbilder; die zweite die Zeitdauer, während welcher diese Sonnenbilder auf das Papier wirkten; die dritte die mit dem Pendelapparat gemessenen Zeiten, innerhalb welcher auf demselben Papier dieselbe Schwärzung durch das Licht des Himmelsgewölbes erzeugt wurde; die vierte endlich giebt dieselben Zeiten berechnet nach der Gleichung (2), in welcher die Constante $= 0{,}12339$ ist.

Da die Lichtintensitäten bei diesen Versuchen um das 25fache variirten, ohne dafs sich aufserhalb der Beobachtungsfehler liegende Abweichungen von der in Gleichung (2) ausgedrückten Beziehung ergaben, so wird man den Satz als feststehend betrachten dürfen,

dafs innerhalb sehr weiter Gränzen gleichen Producten aus Lichtintensität und Insolationsdauer gleiche Schwärzungen auf Chlorsilberpapier von gleicher Sensibilität entsprechen.

Mit diesem wichtigen Satze bietet sich ein Weg dar, *mittelst* einfacher Beobachtungen chemische Lichtwirkungen

in allgemein vergleichbarem Maafse auszudrücken. Denn nimmt man als photochemische Maafseinheit diejenige Lichtstärke an, welche in der Einheit der Zeit eine unveränderliche, ein für allemal gegebene Schwärzung hervorbringt, so braucht man nur auf einem mittelst unseres Pendelapparates geschwärzten Streifen den Punkt aufzusuchen, wo eine mit jener unveränderlichen gleiche Schwärzung erzeugt worden ist. Die Reciproke der Insolationsdauer, welche diesem Punkte gleicher Schwärzung entspricht, ist die durch jene Maafseinheit ausgedrückte Lichtstärke.

Es ist einleuchtend, dafs diese Methode nur dann praktisch anwendbar seyn kann

1) wenn die bei Messungen des gesammten Himmelslichts in Betracht kommenden Lichtstärken nur noch von so kurzen Inductionsphänomenen begleitet sind, dafs die dadurch erzeugten Störungen innerhalb der erlaubten unvermeidlichen Beobachtungsfehler fallen;

2) wenn es möglich ist, eine photographisch sensibele Schicht von völlig constanter Empfindlichkeit darzustellen;

3) wenn sich eine unveränderliche, zu jeder Zeit und an jedem Orte leicht wieder hervorzubringende Schwärzung finden läfst, die eine sichere Vergleichung mit einer photographisch geschwärzten Fläche zuläfst.

1) Um den Einfluſs der photochemischen Induction auf die Schwärzung des Chlorsilberpapiers zu untersuchen, haben wir folgenden Weg eingeschlagen: Wir insolirten durch das Licht des heiteren Himmelsgewölbes dicht hinter einander Papierstreifen von gleicher Empfindlichkeit, indem wir das Pendel bei dem ersten Streifen n_0 mal, bei dem zweiten n_1 mal, bei dem dritten n_2 mal u. s. f. schwingen liefsen, und bestimmten auf den Streifen die Punkte gleicher Schwärzung. Die diesen Punkten entsprechenden Insolationsdauern für je eine Pendelschwingung t_0 t_1 t_2 ... ergaben sich aus der oben gegebenen Tabelle I. Findet keine erkennbare Induction statt, so müssen in Folge des von uns eben in weiten Gränzen als gültig erwiesenen Satzes die Producte $n_0 t_0$, $n_1 t_1$, $n_2 t_2$ ... gleich seyn. Wäre dagegen die che-

mische Lichtwirkung, wie es bei der photochemischen Induction der Fall ist, nach jeder durch die einzelnen Pendelschwingungen bewirkten Verdunkelung eine Zeit lang wachsend, so würden die Producte $n_0 t_0$ sich stetig mit wachsendem n ändern müssen. Dafs diefs Letztere nicht der Fall ist, zeigen folgende Versuche.

Dritte Versuchsreihe.

Erste Lichtstärke.

n	t	nt	Abweichung vom Mittel
4	1,024	4,096	— 0,067
4	1,041	4,164	+ 0,001
4	1,063	4,252	+ 0,089
8	0,532	4,256	+ 0,093
8	0,525	4,200	+ 0,037
12	0,341	4,092	— 0,071
12	0,340	4,080	— 0,083

Dieselben Beobachtungen durch einen anderen Beobachter angestellt:

4	1,048	4,192	+ 0,002
4	1,054	4,216	+ 0,026
4	1,054	4,216	+ 0,026
8	0,515	4,120	— 0,070
8	0,520	4,160	— 0,030
12	0,342	4,104	— 0,086
12	0,360	4,320	+ 0,130

Dieselben Beobachtungen in Mittelzahlen aus siebenmal wiederholten Ablesungen:

4	1,028	4,112	— 0,028
4	1,036	4,144	+ 0,004
4	1,036	4,144	+ 0,004
8	0,513	4,104	— 0,036
8	0,501	4,008	— 0,132
12	0,354	4,248	+ 0,108
12	0,352	4,224	+ 0,084

Zweite Lichtstärke.

12	1,022	12,264	+ 0,505
12	0,982	11,784	+ 0,025
18	0,654	11,772	+ 0,013
18	0,655	11,790	+ 0,031
24	0,479	11,496	— 0,263
24	0,477	11,448	— 0,311

Dritte Lichtstärke.

n	t	nt	Abweichung vom Mittel
3	0,975	2,925	— 0,011
3	0,975	2,925	— 0,011
4	0,739	2,956	+ 0,020
4	0,735	2,940	+ 0,004
6	0,487	2,922	— 0,014
6	0,492	2,952	+ 0,016
	Vierte Lichtstärke.		
2	1,053	2,106	— 0,004
2	1,057	2,114	+ 0,004
4	0,523	2,092	— 0,018
4	0,532	2,128	+ 0,018
	Fünfte Lichtstärke.		
9	0,810	7,290	+ 0,074
9	0,793	7,137	— 0,079
12	0,603	7,236	+ 0,020
12	0,600	7,200	— 0,016
	Sechste Lichtstärke.		
1	1,061	1,061	+ 0,029
1	1,050	1,050	+ 0,020
2	0,502	1,004	— 0,026
2	0,502	1,004	— 0,026
	Siebente Lichtstärke.		
2	1,129	2,258	— 0,008
6	0,379	2,274	+ 0,008

Bei der Wichtigkeit der zu entscheidenden Frage haben wir es nicht für überflüssig gehalten, noch eine Reihe von Versuchen in der Weise anzustellen, dafs wir eine schwarze, nach unten berandete, mit einem Sectorenausschnitt versehene Scheibe mit wechselnden Geschwindigkeiten von 30 bis 316 Umdrehungen in der Minute über gleich empfindlichem Papier *gleich lange Zeiten* rotiren liefsen, und ermittelten, ob die Schwärzung bei gleicher Lichtintensität und Insolationsdauer unabhängig von der Rotationsgeschwindigkeit der Scheibe stets dieselbe blieb. Die Einzelnheiten dieser Versuche, welche am 14. August 1859 Mittags 12^{h} ebenfalls mit Licht vom unbewölkten Himmelsgewölbe *angestellt wurden*, glauben wir indessen übergehen zu kön-

nen, da die erhaltenen Resultate mit dem Ergebnisse der eben erörterten Versuche vollkommen übereinstimmen.

Man darf es daher als erwiesen betrachten:

dafs bei Lichtmessungen, wie sie hier in Betracht kommen, photochemische Inductionen keinen störenden Einfluſs ausüben.

2) Die nächste Frage, von welcher die Lösung unserer Aufgabe vornehmlich bedingt wird, betrifft die Möglichkeit, ein photographisches Papier herzustellen, welches eine stets gleiche Lichtempfindlichkeit besitzt. Wenn wir hier in die Einzelnheiten der in dieser Richtung angestellten Versuche ausführlicher eingehen, als es vielleicht mit der Geduld des Lesers verträglich ist, so geschieht dieſs in der Absicht, das gewichtigste Bedenken zu beseitigen, welches überhaupt den auf photographischen Schwärzungen beruhenden Lichtmessungen gemacht werden kann.

Es schien uns am zweckmäſsigsten, alle complicirten photographischen Mittel unberücksichtigt zu lassen, und unsere Untersuchungen nur an eine einfache, auf Papier erzeugte Schicht von reinem Chlorsilber zu knüpfen.

Zur vergleichenden Prüfung der nach verschiedenen Vorschriften und unter verschiedenen Umständen hergerichteten Papiere diente uns ein im Pendelapparate photographisch geschwärzter und dann mit unterschwefligsaurem Natron fixirter Papierstreifen, der von seinem schwarzen bis zu seinem weiſsen Ende eine sehr gleichmäſsige, allmählich verlaufende Abschattirung zeigte. Dieser Streifen war mit einer willkürlichen Scale versehen, so daſs die Schwärzung, welche einer Zahl der Scale entsprach, jederzeit wiedergefunden werden konnte. Um verschiedene Papiere auf gleiche Lichtempfindlichkeit zu prüfen, setzten wir dieselben während gleicher Zeiten ein und derselben Lichtwirkung aus und überzeugten uns nach dem früher beschriebenen Verfahren mittelst der Ablesungsvorrichtung (Fig. 3 Taf. VII), ob die Schwärzungen gleich waren, d. h. ein und derselben Zahl der Scale entsprachen.

Als Silberflüssigkeit wandten wir stets eine Lösung von chemisch reinem, krystallisirtem, salpetersaurem Silberoxyd an.

Um das zur Erzeugung der Chlorsilberschicht erforderliche Chlornatrium chemisch rein zu erhalten, leiteten wir in eine concentrirte Kochsalzlösung gasförmige Chlorwasserstoffsäure, wuschen das dadurch gefällte Chlornatrium mit reinem Wasser aus und erhitzten dasselbe in einem grofsen Platintigel bis zur angehenden Schmelzung.

Um zu ermitteln, welchen Einfluſs die Concentration der Kochsalzlösung, der Silbergehalt der Silberlösung, die benutzte Papiersorte, die wechselnde Temperatur und Feuchtigkeit der Luft, auf die Empfindlichkeit des Papiers ausübt, haben wir folgende Versuche angestellt:

α) *Silberlösung.* Vollkommen gleichmäſsig nach einem später anzuführenden Verfahren mit Kochsalz imprägnirtes Papier, wie es von den Photographen benutzt zu werden pflegt, wurde 2 Minuten lang auf Silberlösungen von verschiedener Concentration liegen gelassen, und zwar

Papier	*α*)	auf	einer	Lösung	von	12	AgO, NO_5	auf	100 $\dot{H}$
»	*β*)	»	»	»	»	10	»	»	»
»	*γ*)	»	»	»	»	8	»	»	»
»	*δ*)	»	»	»	»	6	»	»	»

darauf im Dunkeln getrocknet, zu gleicher Zeit ein und derselben Himmelsbestrahlung ausgesetzt und auf seine Schwärzung geprüft. Es ergaben sich folgende, unabhängig von einem Beobachter *A* und einem anderen Beobachter *B* erhaltene Ablesungen, bei denen gleiche Zahlen gleichen Schwärzungen, d. h. gleicher Empfindlichkeit des Papiers, entsprechen.

Vierte Versuchsreihe.

Erste Lichtstärke.

AgO, NO_5 auf 100 Wasser	Ablesungen	
	A	*B*
12	128,6	129,7
10	128,7	127,0
8	128,7	128,0
6	129,7	130,0

Zweite Lichtstärke.

AgO, NO_5 auf 100 Wasser	Ablesungen	
	A	*B*
12	125,5	125,0
10	125,5	125,5
8	125,4	124,2
6	161,5	160,2

Dritte Lichtstärke.

AgO, NO_5 auf 100 Wasser	Ablesungen	
	A	*B*
12	110,0	110,0
10	109,5	109,3
8	109,6	109,3
6	119,0	120,0

Vierte Lichtstärke.

AgO, NO_5 auf 100 Wasser	Ablesungen	
	A	*B*
12	90,6	90,0
10	88,0	88,3
8	90,7	89,4
6	89,6	89,1

Man sieht aus diesen Zahlen, dafs die Empfindlichkeit des Papiers unverändert dieselbe bleibt, mag man 8, 10 oder 12 Theile salpetersaures Silberoxyd auf 100 Theile Wasser anwenden, dafs aber bei 6 Theilen des Silbersalzes auf 100 Theile Wasser schon die Gränze der Veränderlichkeit erreicht wird.

Nachdem wir durch diese Versuche den Einflufs der Concentration der Silberlösung festgestellt, war noch die Abhängigkeit der Lichtempfindlichkeit von der Dauer des Verweilens auf dem Silberbade festzustellen. Es wurde zu diesem Zweck ein und dasselbe gleich gesalzte Papier verschiedene Zeitdauern auf einem Silberbade von 12 AgO, NO_5 auf 100 Theile Wasser liegen gelassen, und zwar

Papier α während einer Zeit von $\frac{1}{4}$ Minute

» β » » » » 1 »

» γ » » » » 8 »

Die Prüfung dieser Papiere auf ihre Empfindlichkeit gab folgende Resultate:

Fünfte Versuchsreihe.

Erste Lichtstärke.

Dauer der Silberung	Ablesungen A	Ablesungen B
0′ 15″	140,6	140,5
1 0	139,0	140,0
8 0	139,6	139,0

Zweite Lichtstärke.

Dauer der Silberung	Ablesungen A	Ablesungen B
0′ 15″	91,0	91,0
1 0	91,5	90,5
8 0	91,5	92,0

Dritte Lichtstärke.

Dauer der Silberung	Ablesungen A
0′ 15″	45,9
1 0	47,1
8 0	45,0

Vierte Lichtstärke.

Dauer der Silberung	Ablesungen A
0′ 15″	89,9
1 0	90,0
8 0	89,2

Es ergiebt sich aus diesen Versuchen die Thatsache: dafs die Empfindlichkeit des Papiers unverändert dieselbe bleibt, mag die Silberlösung 15 Sekunden oder 8 Minuten mit dem gesalzten Papier in Berührung gewesen seyn.

Verkürzt man die Zeit der Silberung noch unter 15 Sekunden, so gelangt man an eine Gränze, wo die Chlorsilberschicht in hohem Grade unempfindlich wird.

Es schien uns noch besonders nothwendig, durch Versuche zu ermitteln, wie lange man ein Silberbad benutzen kann, ohne dafs dessen Gehalt an salpetersaurem Silberoxyd unter 8 auf 100 Wasser herabsinkt, unter die Gränze nämlich, wo die Empfindlichkeit des Papiers ungleich werden kann. Wir fanden durch die Versuche, dafs bei jeder Silberung eines Papierblattes dem Silberbade etwas mehr salpetersaures Silberoxyd als Wasser entzogen wird, dafs man aber $\frac{2}{3}$ einer Lösung, die auf 100 Wasser 12 AgO, NO_5 enthält, aufbrauchen kann, ohne dafs der Silbergehalt von 12 auf 8 herabsinkt. Aus einer Silberlösung von der bezeichneten Stärke nimmt 1 Quadratdecimeter Papier höchstens 0,01 Grm. salpetersaures Silberoxyd in Anspruch.

Da mit der Erschöpfung des Silberbades nicht nur eine *Verringerung an Silbersalz*, sondern zugleich auch die Bil-

dung von salpetersaurem Natron verbunden ist, welches möglicherweise als Contactsubstanz auf die Empfindlichkeit des Papiers einwirken könnte, so haben wir es nicht für überflüssig gehalten, durch die nachstehenden Versuche auch noch ein altes, lange gebrauchtes Silberbad mit einem frisch bereiteten zu vergleichen. Die Zahlen zeigen, dafs eine solche Contactwirkung nicht stattfindet.

Sechste Versuchsreihe.

Silberlösung	Erste Lichtstärke		Zweite Lichtstärke
	A	*B*	*A*
lange gebraucht	130,2	130,8	73,0
frisch bereitet	130,0	131,5	73,4
frisch bereitet	130,8	130,9	73,2
lange gebraucht	130,0	130,3	74,0

Wie lange gesilbertes Papier nach dem Trocknen im Dunkeln vor der Insolirung ohne Aenderung der Lichtempfindlichkeit aufbewahrt werden kann, ist aus folgenden Versuchen ersichtlich, bei welchen ein Papier benutzt wurde, das mit zwölfprocentiger Silberlösung präparirt war.

Siebente Versuchsreihe.

Dauer der Aufbewahrung	Erste Lichtstärke		Dauer der Aufbewahrung	Zweite Lichtstärke	Dauer der Aufbewahrung	Dritte Lichtstärke
	A	*B*		*A*		*A*
1 Stunde	100,0	101,0	5 Stunden	99,3	5 Stunden	111,8
5 Stunden	98,9	99,0	6 Stunden	98,6	6 Stunden	109,8
9 Stunden	100,0	101,0	7 Stunden	98,8	7 Stunden	109,4
			8 Stunden	98,4	8 Stunden	109,8

Dauer der Aufbewahrung	Vierte Lichtstärke		Dauer der Aufbewahrung	Fünfte Lichtstärke
	A	*B*		*A*
4 Stunden	99,8	99,7	4 Stunden	99,2
15 Stunden	100,8	101,0	15 Stunden	100,0

Nach der Insolirung kann das Papier ohne seine Färbung zu verändern, mindestens 17 Stunden im Dunkeln aufbewahrt werden, wie die folgenden Versuche zeigen.

Zeit der Aufbewahrung nach Insolation	0h 15′	1h 40′	3h 40′	6h 30′	15h 0′	17h 0′	41h
Erste Lichtstärke	139,1	137,4	138,5	140,3	137,8	139,9	133,2
Zweite Lichtstärke	69,1	68,6	68,6	68,9	68,5	67,8	66,0
Dritte Lichtstärke	46,1	47,1	48,3	48,2	47,9	47,5	44,8

b) Salzung des Papiers. Läfst man Papier nur auf der Oberfläche einer Chlornatriumlösung schwimmen, wie es bei der Erzeugung einer Chlorsilberschicht auf der Silberlösung geschieht, so erhält man nach dem Trocknen und Silbern desselben ein Präparat von höchst ungleicher Empfindlichkeit, wie die nachstehenden Versuche zeigen, bei welchen dasselbe Papierblatt jedesmal an drei verschiedenen, 1 Decimeter von einander abliegenden Stellen, durch je zwei von verschiedenen Beobachtern angestellten Ablesungen *A* und *B* geprüft wurde. Die drei Ablesungen fielen, wie man sieht, stets erheblich verschieden aus, was nicht der Fall hätte seyn können, wenn die Empfindlichkeit der sensibelen Schicht überall eine gleiche gewesen wäre.

Achte Versuchsreihe.

Papierblatt	Erste Lichtstärke. 2 Proc. NaCl-Lösung		Zweite Lichtstärke. 4 Proc. NaCl-Lösung		Dritte Lichtstärke. 7 Proc. NaCl-Lösung		Vierte Lichtstärke. 8 Proc. NaCl-Lösung	
	A	*B*	*A*	*B*	*A*	*B*	*A*	*B*
am oberen Theile	100,0	100,0	96,3	—	114,4	115,0	94,0	93,0
am mittleren Theile	116,5	117,5	100,0	—	122,6	122,5	99,0	99,6
am unteren Theile	—	—	122,2	—	141,0	140,8	109,6	109,6

Da es sich bei diesen Versuchen zeigte, dafs die Empfindlichkeit stets an den nach unten gekehrten Stellen des beim Trocknen vertikal aufgehängten Papiers zunahm, an den Stellen also, wo die Durchtränkung mit der Kochsalzlösung eine andauernde und vollständigere seyn mufste, so *versuchten wir ein constantes* Maximum der Imbibition da-

durch zu erreichen, dafs wir das Papier ganz eingetauch 5 Minuten lang in der Kochsalzlösung liegen liefsen. Die letztere enthielt 4 Procent Kochsalz, die Silberlösung auf 100 Wasser 12 salpetersaures Silberoxyd. Die Dauer der Kochsalzinbibirung war dieselbe wie bei den vorhergehenden Versuchen.

Neunte Versuchsreihe.

Einziges Papierblatt	Erste Lichtstärke		Zweite Lichtstärke		Dritte Lichtstärke		Vierte Lichtstärke	
	A	*B*	*A*	*B*	*A*	*B*	*A*	*B*
aus oberem Theile	96,9	98,0	121,6	120,2	72,0	72,0	87,5	87,8
aus mittlerem Theile	97,0	95,2	121,6	120,0	72,6	72,0	87,0	87,8
aus unterem Theile	97,5	98,0	122,5	—	—	—	88,0	87,5

3 Papierblätter		Erste Lichtstärke		Zweite Lichtstärke	Dritte Lichtstärke	
		A	*B*		*A*	*B*
No. 1	aus oberem Theile	83,6	83,8	69,7	87,0	86,5
No. 2	aus mittlerem Theile	84,2	84,0	69,7	87,3	87,8
No. 3	aus unterem Theile	85,5	85,6	69,2	88,0	88,0

Aus folgenden Versuchen läfst sich der Einfluſs entnehmen, welchen der Kochsalzgehalt der Lösung auf die Empfindlichkeit des Papiers ausübt. Die Silberung der verschieden gesalzten Papiere geschah stets mit einer Lösung, welche auf 100 Th. Wasser 12 Th. salpetersaures Silberoxyd enthielt.

Zehnte Versuchsreihe.

Erste Lichtstärke.			Zweite Lichtstärke.		
Kochsalz auf 100 Wasser	*A*	*B*	Kochsalz auf 100 Wasser	*A*	*B*
1	62,6	60,4	4	93,2	93,0
2	95,7	94,7	5	92,9	93,3
3	132,6	129,6	6	111,5	113,2
4	167,0	168,0			

Dritte Lichtstärke.			Vierte Lichtstärke.		Fünfte Lichtstärke.		
Kochsalz auf 100 Wasser	*A*	*B*	Kochsalz auf 100 Wasser	*A*	Kochsalz auf 100 Wasser	*A*	*B*
6	67,6	68,6	13	154,5	12	69,0	70,0
8	83,4	83,7	14,5	159,6	15	75,0	78,5
10	94,7	93,7	16	161,6	18	95,0	95,0
12	97,0	95,0			21	94,5	95,0

Ein Blick auf diese Zusammenstellung zeigt:

dafs sich mit steigendem Kochsalzgehalt die Empfindlichkeit des Papiers fortwährend in raschem Maafse steigert, und dafs es, soweit unsere Beobachtungen reichen, keine Gränzen giebt, wo eine weitere Vermehrung oder Verminderung des Kochsalzgehaltes ohne Einfluſs auf die Empfindlichkeit bliebe.

Um constante Resultate zu erhalten ist es daher nöthig, eine Lösung von stets gleichem Kochsalzgehalt anzuwenden. Wir haben uns für eine Lösung entschieden, welche 3 Proc. Kochsalz enthält; dieselbe gewährt den Vortheil, dafs das damit getränkte Papier fast genau gleichviel Kochsalz und Wasser aufnimmt. — 225 Cubikcentimeter einer solchen Lösung änderte ihren Kochsalzgehalt nur von 2,9489 Proc. auf 2,953 Proc., nachdem 0,72 Quadratmeter Papier darin gesalzt waren. Bei einem anderen Versuche vermehrte sich der Procentgehalt einer 10 Liter betragenden Kochsalzlösung nach dem Durchtränken von $4\frac{1}{2}$ Quadratmeter Papier nur von 2,97 auf 3,08. Mit einer Lösung, welche 60 Grm. Kochsalz enthält, wird man daher

mindestens gegen 5 Quadratmeter Papierfläche salzen
nen, ohne befürchten zu müssen, den Salzgehalt der
sigkeit zu sehr zu ändern.

c) *Einfluſs des Papiers.* Wir haben uns, um
Einfluſs festzustellen, auf die Untersuchung dreier mög
an Dicke verschiedener Papiersorten beschränkt, w
ziemlich die Extreme der zum Photographiren benutzte
piere darstellen.

Von der ersten mit (*a*) bezeichneten Sorte wog 1
dratdecimeter 0,354 Grm., von der zweiten (*b*) 0,732
und von der dritten (*c*) 0,876 Grm. Aus unseren
Versuchen mit diesen Papieren glaubten wir schlieſs
müssen, daſs die verschiedene Dicke derselben den w
lichsten Einfluſs auf die Empfindlichkeit, bei einer in
brigen ganz gleichen Präparation, ausübe. So gaben
jene drei ganz gleich präparirte und insolirte Papiere
gleiche, sondern folgende Ablesungen:

Papiere	Einzige Lichtstärke
a	90,0
b	75,3
c	72,5

Wir überzeugten uns indessen bald, daſs dieser Mang
Uebereinstimmung keineswegs auf Verschiedenheiten i
Empfindlichkeit des Papiers beruhte, sondern lediglic
der Diaphanität desselben. Es genügte, die Transp
durch ein untergelegtes weiſses Papierblättchen zu b
gen, um statt der obigen die nachstehenden Ablesung
erhalten:

Papiere	Einzige Lichtstärke
a	73,6
b	73,6
c	72,0.

Aus der folgenden Versuchsreihe sieht man weiter
daſs, wenn der Einfluſs der Diaphanität durch ein unt
legtes weiſses Papier beseitigt wird, kein Unterschi
der Schwärzung mehr zu bemerken ist.

Elfte Versuchsreihe.

Papier	Kochsalz auf 100 Wasser	Salp. Silberoxyd auf 100 Wasser	Erste Lichtstärke A	Erste Lichtstärke B	Zweite Lichtstärke. A
(a)	2	12	73,0	71,0	109,5
(b)	2	12	73,0	73,0	112,0
(c)	2	12	69,5	73,6	109,5

Papier	Kochsalz auf 100 Wasser	Salp. Silberoxyd auf 100 Wasser	Erste Lichtstärke.	Zweite Lichtstärke.	Dritte Lichtstärke.
(a)	16	12	89,3	120,0	142,4
(b)	16	8	91,0	120,0	142,9
(c)	16	10	90,0	120,0	141,9

Man darf daher annehmen:

dafs die Dicke weifser, zum Photographiren tauglicher Papiere ohne Einflufs auf die Empfindlichkeit derselben ist.

d) Einflufs der atmosphärischen Temperatur und Feuchtigkeit. Um diesen Einflufs kennen zu lernen, klebten wir ein völlig gleich präparirtes, lufttrockenes Papier auf Blechkasten, die mit Wasser von verschiedener Temperatur angefüllt waren, und setzten diese Papiere gleichzeitig während derselben Zeitdauer derselben Lichtintensität aus. Es zeigten sich bei keinem der so behandelten Papiere gröfsere Abweichungen in den Ablesungen, als den unvermeidlichen Beobachtungsfehlern entsprechen, wie man aus der nachstehenden Tabelle ersieht.

Zwölfte Versuchsreihe.

Erste Lichtstärke								Zweite Lichtstärke.			
Temperatur +3°		Temperatur +50°		Temperatur +3°		Temperatur +50°		Temperatur +4°		Temperat. +30°	
A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
89,2	88,3	88,0	89,0	88,2	88,5	88,0	88,5	81,6	80,8	81,8	80,8

Es unterliegt daher keinem Zweifel,
dafs die Unterschiede in den atmosphärischen Temperaturen und Feuchtigkeitsgraden auf die Empfindlichkeit des Papiers ohne Einfluſs sind.

Aus den oben mitgetheilten Versuchsreihen lassen sich leicht die Bedingungen entnehmen, unter welchen ein Papier von constanter Empfindlichkeit erhalten werden kann. Wir wählen folgende Vorschrift für ein festzusetzendes Normalpapier, durch dessen Anwendung sich überall vergleichbare, von Ort und Zeit unabhängige Messungen ausführen lassen.

e) *Herstellung des Normalpapiers.* 300 Grm. reines Kochsalz werden in 10 Liter Wasser gelöst und in einen reinen, für die zu salzenden Papierbogen hinlänglich groſsen Kasten von Zinkblech gegossen. In diese Lösung senkt man die an zwei diamentralen Ecken mit der Hand herabhängend gehaltenen 0,3 Quadratmeter groſsen Papierbogen unter die Flüssigkeit völlig ein, und versetzt die letztere in eine hin- und herfliefsende Bewegung, um alle dem Papiere anhängenden Luftblasen zu entfernen. Nach 5 Minuten langem Verweilen in der Flüssigkeit wird der Bogen herausgenommen und vertical herabhängend getrocknet. Die angewandten 10 Liter Flüssigkeit reichen hin, um 70 solche Papierbogen von 0,3 Quadratmeter Oberfläche nach einander oder zu verschiedenen Zeiten zu präpariren. Das so bereitete Papier kann Monate lang aufbewahrt werden, ohne seine Anwendbarkeit zu verlieren.

Die Silberung geschieht, unter den bei dem Photographiren üblichen Vorsichtsmaſsregeln, nachdem der 0,3 Quadratmeter groſse Bogen in vier gleiche Theile zerschnitten ist, in einem passenden Glasgefäſse mit flachem Boden, worin sich eine Lösung von 120 Grm. salpetersaurem Silberoxyd in 1 Liter Wasser befindet. Die Zeit, während welcher das Papier auf der Oberfläche des Silberbades schwimmend erhalten wird, beträgt 2 Minuten. Das angewandte Liter Silberflüssigkeit reicht aus, um 500 jener zerschnittenen Blätter zu silbern, wodurch die Flüssigkeit un-

gefähr auf die Hälfte ihres Volumens verringert wird. Dieses Normalpapier kann nach dem Trocknen an der Luft 15 bis 24 Stunden im Dunkeln aufbewahrt werden, ohne dafs sich an demselben eine bemerkbare Aenderung in der Lichtempfindlichkeit zeigt.

Es ist kaum nöthig zu bemerken, dafs man, mit Beibehaltung der angegebenen Verhältnisse, auch beliebig kleinere Mengen des Normalpapiers herstellen kann.

Wir geben nachstehend noch eine Reihe von Versuchen, aus welchen ersichtlich ist, dafs solches zu verschiedenen Zeiten und unter verschiedenen Umständen präparirte Normalpapier stets von constanter und auf seiner ganzen Fläche gleichmäfsiger Empfindlichkeit erhalten wird.

Dreizehnte Versuchsreihe.

Papier	Erste Lichtstärke		Zweite Lichtstärke	
	A	*B*	*A*	*B*
oberer Theil	115,0	115,0	129,4	126,6
mittlerer Theil	115,4	116,4	129,0	127,2
unterer Theil	116,0	115,4	129,5	128,0

Das besonders bereitete Normalpapier, auf welches sich diese Tabelle bezieht, bildete einen 0,3 Quadratmeter grofsen Bogen. Die zur Prüfung an verschiedenen Stellen daraus genommenen Proben lagen ungefähr 25 Centimeter weit von einander ab.

Um zu zeigen, dafs auf einer grofsen Anzahl mit derselben Kochsalzlösung präparirter Blätter sich keine Ungleichheiten in der Empfindlichkeit zeigen, geben wir noch die in der folgenden Tabelle zusammengestellte Vergleichung von achtzehn solcher 0,075 Quadratmeter grofser Blätter eines mit Kochsalzlösung von 2,95 Proc. bereiteten Normalpapiers.

Papier	Erste Lichtstärke A	Erste Lichtstärke B	Papier	Zweite Lichtstärke A	Zweite Lichtstärke B
mittlerer Theil vom Blatt 1	98,0	98,3	oberer Theil vom Blatt 1	88,0	88,0
mittlerer Theil vom Blatt 9	98,3	98,9	mittlerer Theil vom Blatt 8	89,5	89,5
mittlerer Theil vom Blatt 18	98,0	99,0	unterer Theil vom Blatt 17	89,5	89,5

Papier	Dritte Lichtstärke A	Dritte Lichtstärke B	Papier	Vierte Lichtstärke A	Vierte Lichtstärke B
oberer Theil vom Blatt 2	69,0	69,5	unterer Theil vom Blatt 4	70,5	70,0
mittlerer Theil vom Blatt 4	69,5	70,8	unterer Theil vom Blatt 12	70,2	70,0
mittlerer Theil vom Blatt 11	69,3	70,0	oberer Theil vom Blatt 16	70,0	71,0
			oberer Theil vom Blatt 18	70,5	70,5

Papier	Fünfte Lichtstärke A	Fünfte Lichtstärke B	Papier	Sechste Lichtstärke A	Sechste Lichtstärke B
oberer Theil vom Blatt 4	99,5	99,9	unterer Theil vom Blatt 8	63,9	62,5
mittlerer Theil vom Blatt 6	100,5	100,0	mittlerer Theil vom Blatt 16	62,5	62,5
unterer Theil vom Blatt 9	101,0	101,0	oberer Theil vom Blatt 17	61,8	61,5

Die folgenden Tabellen beziehen sich auf drei gleichprocentige Kochsalzlösungen von verschiedener Bereitung, deren Kochsalzgehalt durch Silbertitration bestimmt und in der ersten verticalen Zahlencolumne angegeben ist. In jeder dieser Salzlösungen wurden drei Papierblätter von 0,075 Quadratmeter Oberfläche präparirt, und dann nach der oben angegebenen Vorschrift gesilbert. Auch hier zeigt sich, wie man sieht, dieselbe Uebereinstimmung wie in den obigen Versuchen.

Papier	Kochsalz auf 100 Wasser	Erste Lichtstärke	Zweite Lichtstärke
oberer Theil vom Blatt 2	3,026	87,0	75,4
mittlerer Theil vom Blatt 3	2,950	86,3	74,4
mittlerer Theil vom Blatt 2	3,028	86,0	74,9
unterer Theil vom Blatt 2	3,000	85,9	74,4

Papier	Kochsalz auf 100 Wasser	Erste Lichtstärke		Zweite Lichtstärke	
		A	*B*	*A*	*B*
oberer Theil vom Blatt 2	2,950	77,5	76,5	89,0	87,0
mittlerer Theil vom Blatt 1	3,026	77,0	77,5	89,0	88,0
mittlerer Theil vom Blatt 3	3,000	78,2	78,0	90,1	93,0
unterer Theil vom Blatt 2	3,026	78,9	78,5	89,9	90,9

Papier	Kochsalz auf 100 Wasser	Erste Lichtstärke
oberer Theil vom Blatt 3	2,950	86,2
mittlerer Theil vom Blatt 3	3,028	87,0
mittlerer Theil vom Blatt 2	3,000	86,8
unterer Theil vom Blatt 2	3,028	87,5

Papier	Kochsalz auf 100 Wasser	Erste Lichtstärke		Zweite Lichtstärke	
		A	*B*	*A*	*B*
oberer Theil vom Blatt 2	2,950	70,2	70,0	101,3	101,5
unterer Theil vom Blatt 2	3,026	70,6	69,3	101,5	101,7
mittlerer Theil vom Blatt 1	3,026	70,0	69,5	100,9	100,9
mittlerer Theil vom Blatt 3	3,000	70,0	70,4	101,0	100,0

Man kann es daher als ausgemacht betrachten:
dafs das nach der von uns gegebenen Vorschrift bereitete photographische Normalpapier von hinlänglich gleichbleibender Lichtempfindlichkeit ist, um zu photochemischen Messungen dienen zu können.

3) Eine zur Feststellung der Maafseinheit geeignete Schwärzung von völlig gleicher und unveränderlicher Beschaffenheit, die sich jederzeit leicht wiederherstellen läfst, erhält man auf die Weise, dafs man Zinkoxyd und Lampenschwarz in einem bestimmten Verhältnifs mit einander mischt und so lange zusammenreibt, bis bei noch weiterem Zerreiben keine Aenderung in der Schwärzung mehr eintritt. Das Zinkoxyd wird auf nassem Wege chemisch rein dargestellt und in einem verschlossenen Platintiegel 5 Minuten lang schwach rothglühend erhalten. Den Lampenrufs verschafft man sich dadurch chemisch rein, dafs man eine Terpentinöllampe unter einer grofsen, durch Wasser kalt erhaltenen Porzellanschaale brennen läfst, und den abgesetzten Rufs in einem bedeckten Platintiegel 5 Minuten lang der Rothglühhitze aussetzt. Man gewinnt dadurch ein höchst zartes, impalpabeles Pulver, welches ohne jede Spur von Asche verbrennt.

Versuche zeigten uns, dafs die Schwärzung, welche man durch Mischung von 1000 Th. Zinkoxyd mit 1 Th. dieses Rufses erhält, gerade eine solche ist, an welcher das Auge noch die kleinsten Unterschiede wahrnehmen kann, was bei erheblich gröfserem oder geringerem Rufszusatz nicht mehr möglich ist. Wir haben daher das Verhältnifs von 1 Th. Lampenrufs auf 1000 Th. Zinkoxyd als Normalschwärzung angenommen. Als Bindemittel wurden diesem Gemenge Wasser zugefügt, in welchem ungefähr $\frac{8}{1000}$ Hausenblase gelöst war. Bei der Bereitung des Gemisches zeigte sich die auffallende Erscheinung, dafs dessen Dunkelheit anfangs beim Zerreiben mit Wasser auf einem Reibstein und nachherigem Trocknen allmählich zunahm, bis eine Gränze eintrat, wo, bei noch fortgesetztem wiederholtem Reiben und Trocknen, keine Aenderung mehr bemerkbar wurde, wie

man aus den nachstehenden, auf einem fixirten Streifen mit abfallender Schwärzung ausgeführten Ablesungen gleicher Schwärzung ersehen kann.

Erste Darstellung	*A*	*B*	Mittel
Nach dem ersten Reiben	66,0	66,2	66,1
Nach dem zweiten Reiben	72,9	72,5	72,7
Nach dem dritten Reiben	72,4	72,6	72,5
Nach dem vierten Reiben	72,8	73,0	72,9

Um ein vollkommen constantes Präparat zu erhalten, mufs die Mischung eine Stunde lang auf dem Reibstein mit Wasser gerieben, darauf im Wasserbade getrocknet, und müssen diese Operationen so lange wiederholt werden, bis sich das auf einem Streifen mit abfallender Schwärzung geprüfte Präparat als unveränderlich erweist. Vier unabhängig in verschiedenen Quantitäten vorgenommene Darstellungen zeigen, nach der in folgender Tabelle enthaltenen Prüfung, diese Unveränderlichkeit in der befriedigendsten Weise.

	A	*B*	*A*	*B*	Mittel
Erste Darstellung	72,0	71,8	71,5	72,5	71,95
Zweite Darstellung	72,5	72,0	72,0	72,0	72,12
Dritte Darstellung	72,9	73,0	—	—	72,95
Vierte Darstellung	72,0	72,0	72,2	73,2	72,35

Man darf es daher als ausgemacht betrachten:

dafs die als Mittel zu Maafsbestimmungen angenommene Normalschwärze jederzeit von gleicher und unveränderlicher Beschaffenheit hergestellt werden kann.

Nachdem wir im Vorhergehenden gezeigt haben, wie sich ein photographisches Normalpapier von stets gleicher Empfindlichkeit und eine Normalschwärzung von gleichbleibender Beschaffenheit herstellen lassen, bieten allgemein *vergleichbare photochemische* Messungen des gesammten Ta-

geslichtes keine Schwierigkeit mehr dar, wenn man den von uns in einem weiten Umfange bewiesenen Satz zu Hülfe nimmt, dafs gleiche Producte von Lichtintensität und Insolationsdauer gleiche Schwärzungen bedingen.

Als Maafseinheit solcher Messungen nehmen wir diejenige Lichtintensität an, welche in einer Sekunde auf unserem photographischen Normalpapier die Normalschwärze hervorbringt.

Insolirt man Normalpapier mittelst des Pendelapparats, so erhält man einen von Schwarz in Weifs allmählig abfallenden Streifen. Bestimmt man auf diesem Streifen mittelst eines mit Normalschwärze bedeckten Papierblättchens in der Vorrichtung Fig. 3 Taf. VII den Punkt gleicher Schwärzung, so giebt die diesem Punkte entsprechende Millimeterablesung in der ersten Columne der Tabelle I die Insolationsdauer t in Sekunden an, welche zu dieser Normalschwärzung nöthig war. Wäre diese Insolationsdauer 1 Sekunde gewesen, so würde, der obigen Definition unserer Maafseinheit zufolge, die wirkende Lichtintensität $J = 1$ gewesen seyn. Für eine andere Insolationsdauer t mufs daher die gesuchte Intensität der chemischen Strahlen $\frac{1}{t}$ seyn, wie sich leicht aus dem Satze ergiebt, dafs gleiche Producte aus Lichtintensität und Insolationsdauer gleiche Schwärzung bedingen. Die nachfolgende Tabelle II giebt für eine Pendelschwingung diese Intensitäten in Columne II für die den Millimeter-Ablesungen in Columne I entsprechenden Punkte gleicher Schwärzung des Probeblättchens und Streifens. Für n Pendelschwingungen erhält man die gesuchten Intensitäten durch Division der Zahlen in Columne II durch n.

Tabelle II.

I. Mllm	II. Intensität	I. Mllm	II. Intensität	I. Mllm.	II. Intensität	I. Mllm	II. Intensität
0	0,834	47	1,079	94	1,411	141	2,078
1	0,839	48	1,085	95	1,420	142	2,103
2	0,844	49	1,090	96	1,429	143	2,128
3	0,849	50	1,096	97	1,439	144	2,153
4	0,853	51	1,102	98	1,448	145	2,179
5	0,858	52	1,108	99	1,458	146	2,207
6	0,864	53	1,114	100	1,467	147	2,235
7	0,869	54	1,120	101	1,477	148	2,263
8	0,874	55	1,127	102	1,487	149	2,291
9	0,879	56	1,133	103	1,497	150	2,320
10	0,884	57	1,139	104	1,507	151	2,354
11	0,889	58	1,145	105	1,517	152	2,389
12	0,894	59	1,151	106	1,528	153	2,424
13	0,899	60	1,156	107	1,539	154	2,459
14	0,904	60	1,163	108	1,551	155	2,494
15	0,909	62	1,170	109	1,563	156	2,537
16	0,914	63	1,176	110	1,575	157	2,580
17	0,919	64	1,183	111	1,586	158	2,623
18	0,924	65	1,190	112	1,598	159	2,666
19	0,929	66	1,197	113	1,610	160	2,710
20	0,935	67	1,203	114	1,622	161	2,763
21	0,940	68	1,209	115	1,634	162	2,816
22	0,945	69	1,215	116	1,647	163	2,869
23	0,950	70	1,221	117	1,660	164	2,923
24	0,955	71	1,228	118	1,673	165	2,977
25	0,961	72	1,235	119	1,686	166	3,048
26	0,966	73	1,242	120	1,700	167	3,119
27	0,971	74	1,249	121	1,715	168	3,190
28	0,976	75	1,256	122	1,730	169	3,262
29	0,981	76	1,263	123	1,745	170	3,334
30	0,986	77	1,270	124	1,760	171	3,437
31	0,992	78	1,277	125	1,776	172	3,534
32	0,997	79	1,285	126	1,792	173	3,650
33	1,002	80	1,293	127	1,808	174	3,759
34	1,007	81	1,301	128	1,824	175	3,891
35	1,012	82	1,309	129	1,840	176	4,016
36	1,018	83	1,317	130	1,856	177	4,167
37	1,023	84	1,325	131	1,874	178	4,367
38	1,029	85	1,333	132	1,892	179	4,566
39	1,034	86	1,342	133	1,911	180	4,807
40	1,040	87	1,350	134	1,930	181	5,051
41	1,046	88	1,359	135	1,949	182	5,348
42	1,051	89	1,367	136	1,969	183	5,682
43	1,057	90	1,376	137	1,990	184	6,212
44	1,062	91	1,385	138	2,011	185	6,848
45	1,068	92	1,394	139	2,032	186	7,633
46	1,074	93	1,402	140	2,053	187	8,820

Die Beobachtungen selbst werden auf die im Eingange dieser Arbeit ausführlich angegebene Weise angestellt.

Um eine Reihe Beobachtungen hinter einander auszuführen, lüftet man die Schraube *k* (Fig. 1 Taf. VII), und zieht den Schieber *G* nach je einem Versuche um etwas mehr als eine Schlitzbreite hervor.

Die Ablesungen geschehen auf die ebenfalls im Eingange unserer Arbeit angegebene Art, mit dem Apparate Fig. 3, indem man das Loch in der Platte Fig. 4 zur Hälfte durch ein Papierblättchen ausfüllt, das mit einer dicken Schicht der Normalschwärze bestrichen ist. Man schneidet den scharfen Rand dieses Probescheibchens, so lange der Anstrich noch etwas feucht ist, und zwar mit einer solchen Stellung der Scheere scharf ab, dafs der weifse Schnittrand des Papiers bei senkrechter Betrachtung des Probescheibchens nicht sichtbar ist. Besonders sorgfältig hat man darauf zu achten, dafs das Probescheibchen vollkommen lufttrocken ist, und der weifse Untergrund des Schiebers *a* (Fig. 3) keine dunkelen Schmutzflecke zeigt, welche durch das Papier der zu prüfenden Streifen durchschimmern und die Messungen stören könnten. Ebenso darf das Probescheibchen nicht von zu durchscheinendem Papier genommen werden. Jede Einstellung des Probescheibchens wird, unabhängig von der vorhergehenden Ablesung, 5 bis 6mal wiederholt und das Mittel aus den gewonnenen Ablesungen genommen.

Wir geben als Beispiele solcher Messungen einige Beobachtungen, welche die auf ein horizontales Flächenelement vom Himmelsgewölbe und der Sonne während der Tagesstunden ausgeübte chemische Wirkung darstellen. Sämmtliche Beobachtungen, welche in nachstehender Tabelle III zusammengefafst sind, wurden in Manchester angestellt, und beziehen sich ausschliefslich auf Tage, an welchen die Sonne, bei wechselnder Bewölkung des Himmels, bald zum Vorschein kam, bald hinter Wolken verschwand. Diese Tagesbeobachtungen sind Fig. 5 Taf. VII in Curven dargestellt, deren Maxima und Minima sehr genau mit dem Verschwinden und Erscheinen der Sonne übereinstimmen.

Tabelle III.

t	i	n	$\frac{i}{n}=J$
Mittwoch, 18 Dec. 1861.			
10h 6′a.m.	1,05	124	0,00847
10 16 »	2,49	170	0,0147
10 26 »	1,60	100	0,0160
10 36 »	1,49	90	0,0166
10 47 »	1,47	100	0,0147
10 56 »	1,34	80	0,0168
11 6 »	1,47	80	0,0184
11 16 »	1,59	100	0,0159
11 26 »	1,41	80	0,0176
11 36 »	1,39	75	0,0185
11 46 »	1,25	80	0,0156
11 56 »	1,46	66	0,0221
12 6 p.m.	1,52	60	0,0253
12 16 »	1,42	50	0,0284
12 26 »	1,42	45	0,0316
12 36 »	1,20	40	0,0300
12 46 »	0,92	80	0,0115
12 57 »	1,02	120	0,0085
1 6 »	1,19	90	0,0132
1 16 »	1,38	75	0,0184
1 26 »	1,22	65	0,0188
1 36 »	1,05	50	0,0210
1 47 »	0,84	60	0,0140
1 56 »	1,26	100	0,0126
2 10 »	1,36	150	0,00906
2 22 »	1,34	150	0,00893
2 32 »	1,41	160	0,00881
2 42 »	1,55	200	0,00775
2 52 »	1,36	225	0,00529
3 5 »	1,56	400	0,00390
3 25 »	1,53	450	0,00340
Donnerstag, 19. Dec. 1861.			
9h 39′a.m.	1,79	120	0,0149
9 49 »	2,10	150	0,0140
10 1 »	1,89	120	0,0157
10 21 »	1,93	100	0,0193
10 31 »	1,72	80	0,0215
10 41 »	2,05	80	0,0258
10 51 »	1,66	80	0,0208
11 1 »	1,93	90	0,0215
11 11 »	1,91	80	0,0239
11 21 »	1,91	80	0,0239
11 31 »	1,91	80	0,0239
11h 41′a.m.	1,73	80	0,0216
11 51 »	1,69	61	0,0277
12 1 p.m.	1,66	60	0,0277
12 11 »	1,54	50	0,0308
12 21 »	1,49	50	0,0298
12 41 »	1,10	50	0,0519
12 51 »	1,37	65	0,0211
1 1 »	1,02	50	0,0204
1 11 »	1,12	65	0,0172
1 21 »	1,56	90	0,0173
1 36 »	1,69	86	0,0197
1 46 »	1,75	100	0,0175
1 56 »	1,54	100	0,0154
2 6 »	1,22	100	0,0122
2 16 »	1,40	120	0,0117
2 27 »	1,59	160	0,00994
2 45 »	1,50	180	0,00833
2 53 »	1,25	160	0,00781
3 8 »	1,45	250	0,00580
3 21 »	1,72	500	0,00344
Mittwoch, 30. Juli 1862.			
7h 0′a.m.	0,88	60	0,0147
7 20 »	0,85	32	0,0266
7 35 »	1,07	25	0,0428
7 50 »	0,89	16	0,0556
8 0 »	0,83	10	0,0830
8 35 »	0,92	12	0,0767
9 0 »	1,33	15	0,0887
9 5 »	1,20	10	0,1200
9 30 »	1,22	7	0,1740
10 10 »	1,12	5	0,2240
10 20 »	0,91	5	0,1820
10 30 »	0,83	10	0,0830
11 0 »	0,86	11	0,0782
11 30 »	0,86	4	0,2150
12 0 »	0,86	3	0,2870
12 30 p.m.	0,86	3	0,2870
1 30 »	0,88	6	0,1470
2 0 »	1,11	8	0,1390
2 30 »	1,93	13	0,1490
3 0 »	1,22	9	0,1360
4 0 »	1,27	15	0,0846
4 35 »	1,22	18	0,0678
5 0 »	1,49	20	0,0745
5 30 »	1,34	25	0,0536
6 0 »	1,24	40	0,0310

Es ist schon aus diesen wenigen Beobachtungen ersichtlich, wie mächtige Unterschiede in der chemischen Wirksamkeit des Himmels- und Sonnenlichtes in den kürzesten und längsten Tagen stattfinden.

Zum Schlusse dieser Abhandlung bemerken wir noch, dafs es leicht ausführbar seyn wird, mit Hülfe des beschriebenen Pendelapparates ein leicht zu handhabendes Instrument zu construiren, mit dem sich auf wenigen Quadratzoll Normalpapier eine grofse Anzahl allgemein vergleichbarer Messungen ausführen lassen. Wir versparen die Beschreibung eines solchen Apparates auf eine spätere Zeit.

Manchester, den 25. September 1862.

II. *Experimentelle Untersuchungen über Kummer'sche Strahlenbündel; von G. Quincke.*

(Auszug aus d. Monatsbericht d. K. Akad. d. Wiss. zu Berlin, Juli 1862; nebst einem Zusatz.)

Hr. Kummer hat gefunden [1]), dafs die geraden Lichtstrahlen eines unendlich dünnen Strahlenbündels innerhalb desselben Mediums im Allgemeinen durch zwei gerade Linien hindurchgehen, welche auf der Axe des Strahlenbündels senkrecht stehen, und in der Folge die *Brennlinien* des Strahlenbündels oder Strahlensystems heifsen sollen. Die Durchschnittspunkte dieser Linien mit der Axe des Strahlenbündels heifsen die Brennpunkte, und die beiden durch die Axe und die geraden Linien gelegten Ebenen die *Focalebenen* des Systems. Je nachdem die Focalebenen einen rechten, spitzen oder einen imaginären Winkel mit einander bilden, in welchem letzteren Falle also Focalebenen und Brennlinien des Strahlensystems imaginär sind, unterscheidet Hr. Kummer *Strahlenbündel der ersten, zweiten und dritten Art.*

Ist die Wellenfläche eine Kugelfläche, so stehen die Focalebenen oder Brennlinien auf einander senkrecht; dieſs würde also der Fall seyn bei einem isotropen Medium oder den ordinären Strahlen eines optisch einaxigen Krystalls.

Ist die Wellenfläche ein Rotationsellipsoïd, wie bei den extraordinären Strahlen eines optisch einaxigen Krystalls, so bilden die Focalebenen im allgemeinen einen Winkel mit einander, der von der Lage der Focalebenen gegen die Krystallaxe abhängt und nur dann ein rechter ist, wenn die optische Axe in einer der beiden Focalebenen liegt. Dreht man die erste Focalebene um einen Winkel, welcher für alle einaxigen Krystalle nur sehr wenig von 45° abweicht, aus der Lage, in der beide Focalebenen auf einan-

1) Borchardt's Journ. Bd. 57 S. 189. Monatsberichte d. Berl. Akad. 1860. *S. 469 sqq.*

der senkrecht stehen, so erhält man diejenige Lage der beiden Focalebenen, in der sie den kleinsten Winkel mit einander bilden. Die Theorie ergiebt dann für das extraordinäre Strahlenbündel im Kalkspath aus dem anderweitig bekannten Brechungsexponenten des ordinären und extraordinären Strahles als kleinsten Werth des Winkels der Focalebenen, wenn die Axe des Strahlenbündels senkrecht zu einer natürlichen Spaltungsfläche des Kalkspathrhomboëders steht, 87° 5′, und wenn die Axe des Strahlenbündels senkrecht gegen die optische Axe des Krystalls steht, 83° 45′ 50″. Letzteres ist gleichzeitig der kleinste Winkel der Focalebenen, der überhaupt im Kalkspath vorkommen kann.

In optisch zweiaxigen Krystallen kann der Winkel der Focalebenen alle möglichen Werthe von 0° bis 90° haben, und aufserdem giebt es auch innerhalb der Kegel, die man durch den Mittelpunkt der Fresnel'schen Wellenfläche und die Berührungskreise der vier singulären Tangentialebenen legen kann, Strahlenbündel der dritten Art mit imaginären Focalebenen.

Hr. Kummer zeigt gleichzeitig, dafs man ein Strahlenbündel mit zwei auf einander senkrechten Brennlinien in beliebigem Abstande von einander erhalten kann, wenn man ein Strahlenbündel durch eine enge Oeffnung auf die Mitte einer convexen spärischen Linse fallen läfst, und die Axe der Linse gegen die Axe des Strahlenbündels neigt. Der Abstand der Brennlinien nimmt mit der Neigung der Axe der Linse gegen die Axe des Strahlenbündels zu, wobei die Länge der Brennlinien sich verhältnifsmäfsig vergröfsert. Hr. Kummer hat auch mit einem in den Gang der Lichtstrahlen gebrachten Papierblatte die Existenz der Brennlinien durch den Versuch nachgewiesen.

Der Verfasser hat sich nun die Aufgabe gestellt, die oben angeführten Sätze, die nebst manchen anderen, hier nicht erwähnten, die Theorie *a priori* ergeben hat, durch messende Versuche zu prüfen.

Es wurde dazu mit einem Heliostaten Sonnenlicht in

horizontaler Richtung auf einen Schirm geworfen, der senkrecht gegen die Strahlen stand, auf einer den Lichtstrahlen parallelen, mit Scala versehenen Messingschiene von 1 Meter Länge parallel mit sich selbst verschoben werden konnte und eine runde Oeffnung von 10^{mm} Durchmesser hatte. Vor diese Oeffnung wurden mit Wachs schwarze Papierblättchen mit passender Oeffnung verschiedener Form, gewöhnlich dem Stich einer äufserst feinen Nähnadel, befestigt. Auf der erwähnten Messingschiene waren aufserdem ein Träger mit einer Convexlinse, die um eine verticale Axe auf einem horizontalen Kreise mefsbar gedreht werden konnte, und ein anderer Träger mit einer Glastafel, angebracht, deren eine mattgeschliffene Fläche senkrecht gegen die Richtung der Sonnenstrahlen dem Heliostaten zugewandt war. Hinter der Messingschiene war ein horizontales Mikroskop oder Fernrohr aufgestellt, welches auf einem Schlitten auf einem gehobelten eisernen Rahmen genau parallel mit seiner Axe und parallel mit der Messingschiene verschoben werden konnte. Im Ocular des Mikroskopes befand sich ein Glasmikrometer mit zwei normal gegen einander stehenden Liniensystemen. Ein senkrecht zur Axe des Mikroskopes angebrachter Kreis erlaubte, die Drehung des Mikroskopes um seine Axe zu messen.

Das durch die feine Oeffnung des Schirmes gegangene Bündel Sonnenstrahlen fiel auf die Convexlinse, deren Axe mit der Axe des Strahlenbündels einen an dem horizontalen Kreise gemessenen Winkel φ einschlofs, und es entstand so ein *Strahlenbündel erster Art* mit zwei auf einander senkrechten Brennlinien. Nachdem die mattgeschliffene Fläche der Glastafel an die Stelle der ersten Brennlinie, die der Linse zunächst und vertical lag, gebracht worden war, wurde das horizontale Mikroskop mit dem Schlitten auf dem eisernen Rahmen so lange verschoben, bis die auf die matte Glasfläche projicirte Brennlinie deutlich gesehen wurde. Das eine Liniensystem des Glasmikrometers wurde dann parallel *dieser* Brennlinie gestellt, die matte Glasfläche *an die Stelle der* zweiten Brennlinie gebracht, das Mi-

kroskop durch Verschieben des Schlittens auf die zweite Brennlinie eingestellt, und nun gesehen, ob diese zweite Brennlinie parallel mit dem anderen Liniensystem des Glasmikrometers war. Der Vertikalkreis am Mikroskop erlaubte ebenfalls die Neigung beider Brennlinien, oder, was dasselbe ist, der beiden Focalebenen des Strahlenbündels zu messen. Gleichzeitig gestattete die Theilung der Messingschiene den Abstand f der Schirmöffnung, sowie den Abstand f_1 und f_2 der ersten und zweiten Brennlinie vom Mittelpunkte der Linse zu bestimmen. Die folgende Tafel giebt für zwei Linsen, bei verschiedener Neigung φ der Linsenaxe gegen die Axe des Strahlenbündels, die gemessenen Werthe von f_1 und f_2. Die eine Linse war biconvex und hatte eine Hauptbrennweite $F = 130^{mm},7$ (für $\varphi = 0°$); die andere Linse war planconvex, mit einer Hauptbrennweite von 175^{mm}, und wandte ihre Planfläche dem Heliostaten zu.

	$F = 130,7^{mm}$ $f = 400^{mm}$			$F = 175^{mm}$ $f = 500^{mm}$		
φ	f_1	f_2	$f_2 - f_1$	f_1	f_2	$f_2 - f_1$
0°	195^{mm}			$272,5^{mm}$		
10	175	192^{mm}	17^{mm}	258,3	$270,5^{mm}$	$12,2^{mm}$
20	149	182,3	33,3	223,3	262	38,8
30	106,3	165,5	59,2	147	231	84
40	53	145,8	92,8	92	203	111
50				51	168	117
60					145	
70					128	
80					112,5	

Bei den grofsen Brennweiten dieser Linsen ist es sehr schwer zu sagen, bei welcher Lage der matten Glastafel die Brennlinie am deutlichsten erscheint, so dafs bei diesen Werthen von f etc. wohl Fehler von mehreren Millimetern vorkommen können. Immerhin folgt aber aus diesen Versuchen, in Uebereinstimmung mit der Theorie, dafs mit wachsender Neigung der Linse beide Brennlinien sich der Linse nähern, und dafs dabei der Abstand der Brennlinien, wie aus der mit $f_2 - f_1$ überschriebenen Columne zu ersehen ist, zunimmt. Für $\varphi = 0$ fallen beide Brennlinien in dem conjugirten Brennpunkte der Schirmöffnung zusam-

men. Bei zu grofser Neigung der Linse kann sogar die erste Brennlinie so nahe der Convexlinse fallen, dafs sich durch den Versuch nur die Lage der zweiten Brennlinie bestimmen läfst.

Die Länge der Brennlinien auf der matten Glastafel nimmt ebenfalls mit wachsendem φ bedeutend zu, jedoch läfst sich dieselbe nicht genau messen.

Die Neigung der Brennlinien, oder also der Focalebenen gegen einander, ergab sich immer $= 90°$, wenn überhaupt beide Brennlinien so lagen, dafs man sie objectiv auf der matten Glastafel des beschriebenen Apparates auffangen konnte.

Um nun die Theorie auch an anderen Linsen prüfen zu können, wurden vor der Lampe dünne Glaskugeln von den sonderbarsten und verschiedenartigsten Formen geblasen, mit Wasser gefüllt, und diese so erhaltenen Linsen an die Stelle der Convexlinse des beschriebenen Apparates gebracht. Auch diese Linsen ergaben, sobald sie einen convexen Charakter und überhaupt Brennlinien hatten, die sich objectiv darstellen liefsen, einen Winkel von 90° zwischen beiden Focalebenen. Der Fehler für eine Bestimmung dieses Winkels beträgt in den ungünstigsten Fällen, wenn die Brennlinien kurz und nicht scharf begrenzt sind, etwa 0°,5; in den meisten Fällen ist er aber weit kleiner, so dafs die Theorie also vollständig mit der Erscheinung für diese erste Art von Strahlensystemen übereinstimmt.

Die zweite Art von Strahlensystemen existirt nur in doppeltbrechenden Medien, denn jedes Strahlensystem der zweiten Art verwandelt sich, wie die Theorie ergiebt, bei der Brechung in ein homogenes Medium wieder in ein Strahlensystem erster Art, mit senkrechten Focalebenen, und der Verfasser hat diesen von der Theorie gegebenen Satz ebenfalls durch Versuche bestätigt gefunden.

Um nun innerhalb eines optisch einaxigen Krystalls die Winkel der Brennlinien messen zu können, wurde auf der horizontalen Messingschiene statt der matten Glastafel ein *Metallschirm angebracht*, in welchem eine cylindrische Me-

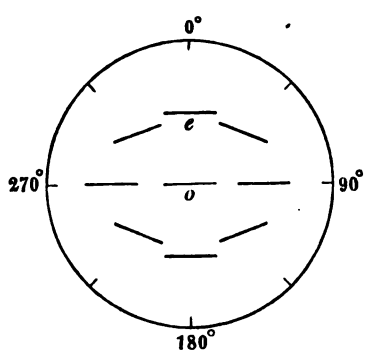
tallhülse von circa 30^{mm} Durchmesser um eine horizontale Axe meſsbar gedreht werden konnte. Auf die Metallhülse wurde ein Kalkspathstück mit parallelen Flächen so aufgekittet, daſs die Normalen der Flächen mit der Axe des einfallenden Strahlenbündels und der Axe der Metallhülse zusammenfielen. Durch Drehen der Metallhülse konnte man dann dem Hauptschnitte des Kalkspaths eine beliebige Neigung gegen die erste Focalebene geben. Die Brennweite und Neigung der Convexlinse gegen die Axe des Strahlenbündels wurde nun so gewählt, daſs die erste Brennlinie auf die dem Heliostaten zugewandte, die zweite Brennlinie auf die dem Heliostaten abgewandte Fläche des Kalkspathstückes fiel, was mit einiger Uebung leicht zu erreichen ist. Der Abstand der beiden Brennlinien des Strahlenbündels war dann genau gleich der Dicke des Kalkspaths. Die Hinterfläche des Kalkspaths wurde mit etwas aufgestrichener Harzlösung matt gemacht, um die Brennlinien bequem objectiv darstellen zu können; die Vorderfläche wurde mit Hülfe eines Glasröhrchens an der Stelle, wo die Strahlen in den Kalkspath eintraten, behaucht, so daſs sie genau an die Stelle der ersten Brennlinie gebracht werden konnte. Nachdem der Hauch verdampft war, konnten dann die Strahlen ungehindert in den Kalkspath eindringen.

Auf der Hinterfläche entstanden nun zwei Brennlinien, dem ordinären und extraordinären Strahl entsprechend. Die Brennlinien des ordinären Strahles standen auf einander senkrecht, wie in homogenen Medien, wovon man sich leicht überzeugen konnte, wenn zuerst die erste Brennlinie auf der matten Glastafel aufgefangen, das Glasmikrometer des Mikroskopes darauf eingestellt, und dann an Stelle der matten Glastafel die vordere Kalkspathfläche gebracht wurde. Durch Verschieben des Schlittens auf dem oben erwähnten eisernen Rahmen konnte dann das Mikroskop auf die zweite Brennlinie auf der hinteren Kalkspathfläche eingestellt und so die Neigung beider Brennlinien bestimmt werden.

Da bei der beschriebenen Einrichtung die erste Brenn-
ie für das ordinäre und extraordinäre Strahlenbündel die-

selbe war, und die zweite Brennlinie des ordinären Strahlenbündels auf der beiden Strahlenbündeln gemeinschaftlichen Brennlinie senkrecht stand, so konnte man schon aus der Neigung der zweiten Brennlinien des ordinären und extraordinären Strahlenbündels gegen einander auf die Neigung der Focalebenen im extraordinären Strahlenbündel schliefsen. Der Brechungsexponent für die ordinären Strahlen ist zwar beim Kalkspath gröfser, als für die extraordinären, und so ist streng genommen, der Abstand der Brennlinien beim extraordinären Strahlenbündel geringer, als beim ordinären; jedoch ist der Fehler, der daraus bei der Einstellung von Linse und Kalkspath entsteht, nur unbedeutend, und kann auch nöthigenfalls noch, wie bei den später zu erwähnenden Messungen, durch passende Neigung der Flächen gegen die Axe des Strahlenbündels, verkleinert werden.

Steht der Hauptschnitt eines Kalkspathstücks mit den natürlichen Spaltungsflächen parallel der ersten Focalebene des Strahlenbündels, so sind die beiden Brennlinien auf der Hinterfläche des Kalkspaths parallel, und bei der beschriebenen Einrichtung des Apparates horizontal. Wenn der obere Theil der optischen Axe dem Heliostaten zugewandt ist, so liegt die zweite Brennlinie des extraordinären Strahlenbündels *e* über der des ordinären *o*, wie es die Zeich-



nung angiebt. Dreht man nun den Hauptschnitt des Kalkspaths, so behält die Brennlinie *o* unverändert ihre Lage

bei, die Brennlinie *e* aber, deren Mittelpunkt im Hauptschnitt des Kalkspaths liegt, geht um *o* herum, und ändert dabei ihre Neigung gegen *o* in der Weise, wie es die Zeichnung angiebt. Nennt man die Neigung des Hauptschnitts des Kalkspaths gegen die erste Focalebene das Azimuth desselben, und bezeichnet es mit α, so bilden *o* und *e* für $\alpha = 0°\ 90°\ 180°\ 270°$ den Winkel 0°, für $\alpha = 45°\ 90° + 45°\ 180° + 45°\ 270° + 45°$ dagegen den gröfsten Winkel mit einander, der für diese letzteren vier Azimuthe merklich derselbe ist.

Ganz analog ist das Verhalten der beiden Brennlinien *o* und *e*, wenn man Kalkspathstücke mit parallelen Flächen, parallel der optischen Axe geschliffen, anwendet. Nur fallen hier die Brennlinien über einander, und schliefsen für die Azimuthe $\alpha = 0°\ 45°$ etc. einen gröfseren Winkel ein, als wenn man natürliche Flächen anwendet. Durch ein vor das Auge gehaltenes Nicol'sches Prisma ist man im Stande, das eine Bild auf der Hinterfläche des Kalkspaths verschwinden zu lassen und seine Polarisationsebene zu bestimmen.

Die folgenden Tafeln geben die Messungen an verschiedenen Kalkspathstücken mit natürlichen oder künstlichen, parallel der Axe geschliffenen, Flächen. Unter ε steht die Dicke des Kalkspathstücks, oder also der Abstand der ersten und zweiten Brennlinie, unter β das Maximum der Neigung der zweiten Brennlinien *o* und *e* des ordinären und extraordinären Strahlenbündels gegen einander. Der Uebersicht wegen ist unter *F* die Hauptbrennweite der angewandten Convexlinse, unter f und f_1 der Abstand der Schirmöffnung und der ersten Brennlinie vom Mittelpunkte der Linse, unter φ die Neigung der Axe der Linse gegen die einfallenden Strahlen gegeben. Je nachdem das Strahlenbündel genau in der Mitte der Linse oder mehr nach dem Rande zu auffällt, ist die Lage der Brennlinien etwas verschieden, und dadurch erklärt sich ein Theil der Abweichungen der verschiedenen Werthe von f und f_1 bei demselben Werthe der übrigen Gröfsen.

Kalkspath (natürliche Flächen).

No.	ε	F	φ	f	f_1	β
1	16,1mm	47mm	15°	409mm	63mm	3°,35
2	34,1	60	33,2	400	86	3 ,2
3	34,1	60	33,2	397	87	3 ,5
4	34,1	60	36,9	393	87	3 ,8
5	34,1	60	30	394	89	3 ,2
6	71	60	57	250	15	2 ,8
7	71	130	29	636	112	4 ,1
8	71	130	29	617	113	3 ,25
9	83	130	33,2	613	103	3 ,2
10	109	130	36,2	666	65	3 ,2
					Mittel	3,°36
					Berechnet	2° 55′

Kalkspath (Flächen parallel der Axe).

No.	ε	F	φ	f	f_1	β
1	20,1mm	60mm	25°	430mm	56mm	6°,23
2	53,5	130	33 ,4	416	176,5	6 ,35
					Mittel	6°,29
					Berechnet	6° 14′ 10″

Der Winkel β mufs das Complement des Winkels seyn, den die Focalebenen des extraordinären Strahlenbündels mit einander einschliefsen, und man kann die Uebereinstimmung zwischen Theorie und Versuch wohl nur eine befriedigende nennen, wenn man die Schwierigkeit der Beobachtung und die Fehlerquellen berücksichtigt, die sich aus der Nothwendigkeit, die Brennlinien objectiv darzustellen, ergeben.

Man sieht also, dafs auch bei den Strahlenbündeln zweiter Art sämmtliche von der Theorie gegebenen Sätze bestätigt werden.

Es mag hier noch bemerkt werden, dafs der Verfasser auch Versuche angestellt hat in der Art, dafs die erste Brennlinie vor, die zweite Brennlinie aber, dem extraordinären Strahlenbündel entsprechend, hinter das Kalkspathstück fiel. *Solche Brennlinien* gehören natürlich zwei ganz verschiedenen

Strahlenbündeln an, für sie kann also das Ergebnifs der Theorie nicht gelten, dafs ein Strahlenbündel zweiter Art sich, beim Uebergang in ein homogenes Medium, in ein Strahlenbündel erster Art mit normalen Focalebenen verwandelt. Der Versuch ergab auch für solche Brennlinien eine von 90° verschiedene Neigung, jedoch meist geringer, als diejenige beider Brennlinien innerhalb des Kalkspaths.

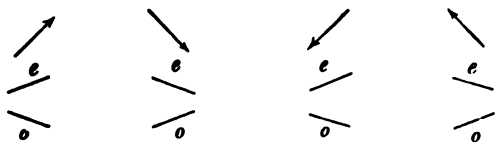
Der Güte der HH. E. Mitscherlich und G. Rose verdankt der Verfasser einige Arragonitkrystalle, an denen die Existenz von Strahlenbündeln zweiter Art, mit noch stärker gegen einander geneigten Focalebenen, sich nachweisen läfst.

Arragonitplatten mit parallelen Flächen senkrecht gegen die Säulenflächen des Krystalls, oder gegen die Mittellinie, die den spitzen Winkel der optischen Axen halbirt, wurden an Stelle des Kalkspathstückes in den beschriebenen Apparat gebracht, so dafs die Axe des Strahlenbündels mit der Normale der parallelen Flächen zusammenfiel. Die erste Brennlinie wurde durch passende Wahl und Neigung der Linse auf die Vorderfläche, die zweite auf die Hinterfläche der Arragonitplatte gebracht. Man sah dann wieder mit bloſsem Auge oder dem Mikroskope zwei Brennlinien *o* und *e* auf der matten Hinterfläche, den beiden Strahlen im Krystall entsprechend, deren Polarisationsebenen, parallel oder senkrecht gegen die Ebene der optischen Axen, mit Hülfe eines vor das Auge gehaltenen Nicol'schen Prismas bestimmt werden konnten.

Ist der Hauptschnitt der Krystallplatte parallel oder senkrecht zu der ersten gemeinschaftlichen Brennlinie, so sind die zweiten Brennlinien beider Strahlenbündel parallel; ist er aber unter dem Azimuth α gegen die erste Brennlinie geneigt, so bilden die zweiten Brennlinien einen Winkel mit einander, der für gewisse Werthe des α seine Maximalwerthe hat.

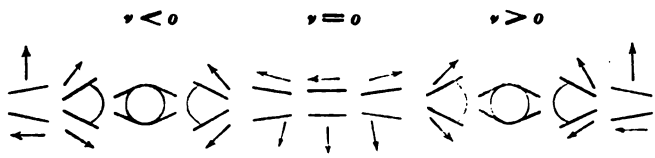
Die beistehende Zeichnung giebt die Lage der zweiten Brennlinien *o* und *e* der beiden Strahlenbündel bei einem Arragonitkrystalle von $17^{mm},5$ Dicke. Der Pfeil giebt die

Polarisationsebene des Strahlenbündels *o* parallel der Ebene der optischen Axen.



Stellt man die Ebene der optischen Axen horizontal und also senkrecht zur ersten gemeinschaftlichen Brennlinie beider Strahlenbündel, und neigt nun die Mittellinie, durch Drehen des Krystalls um eine verticale Axe, unter dem Winkel ν gegen die Axe des Strahlenbündels, so bilden die beiden zweiten Brennlinien *o* und *e* einen Winkel mit einander, der allmählig gröfser wird mit wachsendem ν. Beifolgende Zeichnung giebt die Lage der zweiten Brennlinien für positive und negative Werthe von ν, wenn der Krystall, von oben gesehen, im Sinne oder im entgegengesetzten Sinne eines Uhrzeigers gedreht wurde. Die Pfeile geben die Lage der Polarisationsebene der betreffenden Brennlinie.

In der Nähe der Strahlenaxen ändert sich der Winkel, den beide zweiten Brennlinien mit einander bilden, sehr schnell, wird 90° und schliefslich bilden die Brennlinien



eine rhombenähnliche Figur, wobei die Polarisationsebene nicht mehr genau parallel oder senkrecht zur Ebene der optischen Axen steht, sondern sich allmählig ändert. Bei der Stellung des Krystalls, wo die Brennlinien diese rhombenähnliche Figur bilden, vermag man immer nur einen kleinen Theil der Brennlinien durch Drehen des Nicols vor dem Auge *zum Verschwinden* zu bringen, so dafs also in

derselben alle möglichen Polarisationsebenen enthalten sind. Innerhalb des Rhombus sieht man, wie in der Zeichnung angedeutet ist, einen leuchtenden Kreis, entsprechend der konischen Refraction, der auch kurz vor und nach der betreffenden Lage der Arragonitplatte, wo die Axe des Strahlenbündels sich in der Nähe der Strahlenaxen des Krystalls befindet, sichtbar ist. Wegen der Länge der Brennlinien ist man jedoch nicht im Stande, innerhalb dieses Kreises eine besondere Erscheinung wahrzunehmen, und sind aus demselben Grunde die erleuchteten Theile des Rhombus nicht mehr ganz gerade Linien.

Nach dem Durchgange durch die Strahlenaxen gehen die Brennlinien wieder zu einem rechten Winkel, der aber jetzt nach der entgegengesetzten Seite geöffnet ist, zusammen, ändern dabei den Sinn ihrer Polarisationsebene, und bilden dann, bei weiterer Drehung, allmählig wieder kleinere Winkel. Für positive Werthe von ν gehen die Brennlinien in der entgegengesetzten Richtung, wie für negative Werthe von ν, aus einander.

Zusatz.

Für den Arragonit ergeben die Messungen von Rudberg (Pogg. Ann. Bd. 17 S. 16) für Licht, der Fraunhofer'schen Linie *D* entsprechend, wenn man *abc* die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten des Lichtes parallel den drei Axen des Krystalls nennt

$$\frac{1}{a} = 1{,}53013 \quad \frac{1}{b} = 1{,}68157 \quad \frac{1}{c} = 1{,}68589,$$

Die Ebene der Strahlenaxen steht senkrecht gegen die Abstumpfung der scharfen Säulenkante, und die erste Mittellinie, die den Winkel der Strahlenaxen von 19° 37′,5 halbirt, ist parallel dieser Abstumpfung. Geht nun ein Strahlenbündel parallel der ersten Mittellinie durch den Krystall, so ergiebt die Theorie für den gröfsten Winkel der Focalebenen, bei dem parallel oder senkrecht zur Ebene der optischen Axen polarisirten Strahlenbündel, die Werthe

$$\operatorname{tg}\frac{\gamma}{2} = \frac{c}{a} = 42° 14' \quad \operatorname{tg}\frac{\gamma_1}{2} = \frac{a}{b} = 47° 42'.$$

Ist also die erste, beiden Strahlenbündeln gemeinschaftliche Brennlinie, vertikal, so würden die zweiten Brennlinien der beiden Strahlenbündel Winkel von resp.

$$5^\circ\,32' \text{ und } -5^\circ\,24'$$

mit der Horizontalen bilden, also unter einem Winkel $\theta = 10^\circ\,56$ gegeneinander geneigt seyn. Die folgende Tafel giebt die Messungen an Arragonitkrystallen von der Dicke s mit senkrecht zur ersten Mittellinie geschliffenen Flächen. Die letzten Columnen geben den Werth von θ bei der über der Columne durch den Pfeil angedeuteten Lage der Ebene der optischen Axen, oder das Mittel aus diesen Werthen. Die übrigen Bezeichnungen sind dieselben wie früher.

No.	s	F	φ	f	f_1	θ ↗	θ ↘	θ ↙	θ ↖	θ Mittel
1	9mm	24mm	28°	913mm	14mm	11°,4	13°,5	11°,4	12°,8	12°,3
2	12,8	24	39 ,3	921	13	12 ,5	12 ,1	11 ,2	11 ,4	11 ,8
3	15,2	24	45 ,8	921	7,9	10 ,5	10 ,3	11 ,9	10 ,2	10 ,7
4	17,5	24	51 ,8	896	7	12 ,2	12 ,1	13 ,5	12 ,4	12 ,4
5	30	47	36	886	31	12 ,8	13 ,2	12 ,3	12 ,2	12 ,6
									Berechnet	10° 56′

Bedenkt man, dafs die Flächen am Krystall nicht genau senkrecht zur Mittellinie geschliffen waren, dafs ein kleiner Unterschied in der Neigung der Axe des Strahlenbündels gegen die Strahlenaxen des Krystalls den Winkel θ schon bedeutend ändert, so kann der Unterschied von 1°,5 zwischen dem beobachteten und berechneten Werthe von θ nicht auffallen, und es müssen jene Beobachtungen als eine Bestätigung der Theorie angesehen werden.

Wenn man ν den Winkel nennt, den die Axe eines in der Ebene der Strahlenaxen durch den Krystall gehenden Strahlenbündels mit der ersten Mittellinie bildet, so ergiebt sich der Winkel $\gamma - \gamma'$ der Focalebenen der beiden, der äufseren und der inneren Schale der Wellenfläche entsprechenden Strahlenbündel, durch die Gleichungen

$$\operatorname{tg}\frac{\gamma}{2} = \sqrt{\frac{b^2r^2 + a^2c^2 - b^2(a^2+c^2)}{r^2 - b^2} \cdot \frac{1}{r^2}}$$

$$\operatorname{tg}\frac{\gamma_1}{2} = \frac{b}{ac}\sqrt{\frac{b^2r^2 + a^2c^2 - r^2(a^2+c^2)}{b^2 - r^2}},$$

wo $$r^2 = \frac{a^2 c^3}{(a^2 - c^2)\cos^2 \nu + c^2}.$$

Die Rechnung ergab folgende Werthe von $\frac{\pi}{2} - \gamma$ und $\frac{\pi}{2} - \gamma_1$, für die betreffenden Werthe von ψ:

ν	Aeufsere Schale der Wellenfläche $\frac{\pi}{2} - \gamma$	Innere Schale der Wellenfläche $\frac{\pi}{2} - \gamma_1$
0°	0°	0°
2 58′ 10″	— 5 54′	6 20′
5	— 7 17	7 36
5 55 40	— 8 11	9 39
8 15	— 20 7	60 8
10	unmöglich	— 40 30
11 44	19 8	— 9 16
15	4 54	— 3 26
20	2 24	— 1 38

Im allgemeinen stimmten die vom Verfasser beobachteten Werthe von $\gamma - \gamma_1$ mit den berechneten überein. Ein geringer Fehler in der Bestimmung von ν, der, bei nicht genau senkrechter Lage der Endflächen des Krystalls gegen die erste Mittellinie, sehr leicht möglich war, bedingt aber schon, wie obige Zahlen zeigen, einen bedeutenden in der Neigung der zweiten Brennlinien beider Strahlenbündel gegen einander, und, um eine vollständige Uebereinstimmung mit der Theorie zu erzielen, würden weit vollkommenere und kostspieligere Apparate nöthig seyn, als sie dem Verfasser zu Gebote standen. Es mögen deshalb die beobachteten Zahlenwerthe hier fortgelassen werden. Die berechneten lassen jedoch übersehen, wie die Neigung mit der Annäherung an die Strahlenaxen zunimmt, um nach dem Durchgange durch die Strahlenaxen in die entgegengesetzte überzugehen, während das der äufseren Schale der Wellenfläche entsprechende Strahlenbündel für $\nu = 10°$ einen unmöglichen Werth von γ ergiebt.

Man sieht also, dafs die Erscheinungen mit der Theorie vollständig übereinstimmen.

Berlin, den 21. Juli 1862.

III. *Ueber die Brechungs- und Zerstreuungsverhältnisse einiger organischen und anorganischen Substanzen; von Dr. Wilh. Sauber in München.*

Indem ich die folgende Messungsreihe dem öffentlichen Urtheile übergebe, glaube ich mich über den Grund, der mich zu dieser Arbeit bewogen, und den Zweck, den ich dabei im Auge hatte, aussprechen zu müssen. — Die Anregung hierzu wurde mir, von mineralogischem Standpunkte aus, durch Grailich's gediegene krystallographisch-optische Untersuchungen. Aber eben Grailich's tiefer gehende Kenntnifs der Sache ermuthigt mich, die vereinzelten Messungen zu geben, noch ehe ich ein gemeinsames Band, das ich aufzusuchen bemüht seyn mufste, gefunden. Das Material zur Begründung eines gesetzlichen Zusammenhanges zwischen der Brechung einer Substanz und der Dichte ihrer molecularen Constitution, oder ihren Aequivalenten, ist, wie ich glaube, noch viel zu mangelhaft geboten, als dafs man das Gesetz in einer geschlossenen Formel zu geben versuchen kann.

Als ein kleiner Beitrag zur einstigen Lösung dieser offenen Frage mögen die folgenden Zahlenwerthe dienen. Ich habe bei jeder einzelnen Bestimmung angegeben, welche der Fraunhofer'schen Linien absolut gemessen wurde, um auf sie die Abstände der einzelnen relativ gemessenen Linien zu beziehen. Wenn die Linie *b* angegeben ist, so verstehe ich darunter speciell diejenige von den drei zusammengehörigen Linien, welche von den anderen beiden coexistirenden Linien weiter absteht. Der Grund, weshalb ich *b* öfter statt *D* als Mittelwerth absolut bestimmt habe, ruht in den Zerstreuungsverhältnissen der betreffenden Substanzen. Dafs ich *H* nicht angegeben, hat seinen Grund in der angewandten Spalte, welche zwar eine sehr feine Lichtlinie gewährt, aber nicht soviel Licht zuläfst, als zur Erkennung von *H* gewöhnlich erfordert ist. Die Beschrei-

bung der von mir benutzten Instrumente verspare ich mir auf eine andere Zeit, und will hier nur auf einige besondere Eigenthümlichkeiten der in den folgenden Messungen vorgeführten Substanzen hinweisen.

So beachten wir z. B. eine gewisse Gesetzmäfsigkeit bei den Brechungsverhältnissen der einbasischen fetten Säuren, obwohl die bestimmte Angabe der verschiedenen Brechung bei den Einzelnen durch *einen* Zahlenwerth in den vorliegenden Daten nicht erreicht ist, theils wegen der verschiedenen Temperaturen während der Messung, theils aus Mangel des Präparates selbst, so sehr ich bemüht war, diese Substanzen in gröfster Reinheit darzustellen. Die schönen Spectren des Toluol, Benzol, und vor Allen der salicyligen Säure, des schönsten Spectrums das ich bisher gesehen habe, zeigen durch die vorliegenden Zahlenwerthe die starke Zerstreuung die sie bewirken. Im Violett des letzteren Spectrums traten besonders viele Linien scharf begrenzt hervor; andere, sonst als einfache gekannt, lösen sich, bei der starken Zerstreuung dieser Substanz, in Gruppen auf, wie z. B. die drei Linien der Gruppe *b* in mehrere andere Linien aufgelöst werden.

Schliefslich erwähne ich noch die auffallende Erscheinung, welche ich bei Untersuchung des oxalsauren Uranoxyds, in Oxalsäure gelöst, sowie des weinsauren Uranoxyds, in Weinsäure gelöst, wahrgenommen habe. Hr. Seekamp hat vor Kurzem in den Annalen der Chemie und Pharm. einen Aufsatz über die Zersetzung der Oxalsäure durch das Sonnenlicht gegeben. Ich untersuchte diese Lösungen vor und nach der durch das Licht eingeleiteten Zersetzung, und fand, dafs nicht nur die Brechung eine andere ist bei den unzersetzten Lösungen, als bei den zersetzten, sondern, dafs zugleich schwarze Streifen auftreten in beiden Salzlösungen, und zwar anders gruppirt vor, als wie nach der Zersetzung. Dafs diese Streifen der durch das Licht eingetretenen Umlagerung der organischen Säuremolecüle, nicht aber der Basis, dem Uran, zufallen, schliefse *ich* daraus, weil andere Uransalze, so z. B. das Spectrum

des salpetersauren Uranoxyds, keine Spur von solchen Streifen zeigen.

Bei dem sauren oxalsauren Uranoxyd zeigen sich vor Einwirkung der Sonne im Blau nach *F*, bis tief ins Violet, schwarze Streifen, von 1‴ Breite (bei 12maliger Vergröfserung), gleich von einander abstehend; *G* usw. sind dadurch verdeckt. Nach der Einwirkung der Sonne dagegen treten, aufser den eben besprochenen Streifen im Blau, Indigo und Violet, noch zwei breitere Streifen im Roth auf, zwischen *AB* und *BC*, so dafs *B* und *C* noch hinter diesen Streifen hervortreten. Beim sauren weinsauren Uranoxyd sind diese Verhältnisse etwas anders. Vor der Einwirkung der Sonne sind im Blau, Indigo und Violett, schwarze, mehr verwaschene Streifen, in gleichen Abständen von einander. Nach der durch die Sonne eingeleiteten Zersetzung dieses Salzes sind die Streifen anders gruppirt. *C* und *B* sind wieder durch schwarze Banden verdeckt, im Grün findet sich ein schwächerer Streifen, intensiver dagegen treten die beiden letzten im Blau und Indigo auf. Das Violet ist von Streifen *frei*.

Dieſs ist nun um so interessanter, da wir wissen, dafs bei flüssigen und bei festen Körpern die bei den Spectren der Gase so häufigen schwarzen Streifen fehlen, und sich nur die Fraunhofer'schen Linien zeigen, ja, dafs selbst die flüssig gemachte chlorige Säure nach Millers's Untersuchungen keine neue Streifen zeigt, während wir dieselben in ihrem Gasspectrum kennen. Die eingehendere Untersuchung dieser ersten Thatsachen behalte ich meinen nächsten Studien vor.

Die Mittel zur Herstellung organischer Präparate verdanke ich der Liberalität des Hrn. Baron von Liebig.

I. Brechungsexponenten der einbasischen fetten Sä

Ameisensäure.

b absolut gemessen. Temperaturdifferenzen währen
Messung: (23°,0 C.) (22°,2) (21°,6) (21°,4).

B: 1,362410
C: 1,364202
D: 1,368431
E: 1,373596
b: 1,374627
F: 1,378500
G: 1,386800.

II. Messung der Essigsäure bei 18°,0 C.

b absolut gemessen.

B: 1,372126
C: 1,373786
D: 1,377500
E: 1,382968
b: 1,383810
F: 1,387454
G: 1,396400.

Propionsäure.

b absolut gemessen. Temperaturdifferenzen währen
Messung: (22°,0 C.) (21°,0) (20°,8) (20°7).

B: 1,381310
C: 1,382715
D: 1,386678
E: 1,391787
b: 1,392729
F: 1,396287
G: 1,404339.

Butteräure $HO . C_8 H_7 O_3$.

Klein *b* als Mittelwerth genommen. Temperatur 22°,0 C.

B: 1,388441
C: 1,390119
D: 1,394261
E: 1,399431
vor *b*: 1,400632
F: 1,404179
G: 1,412446.

Baldriansäure (Valeriansäure) $HO . C_{10} H_9 O_3$.

D als Mittelwerth genommen. Temperatur 21°,6 C.

B: 1,389195
C: 1,390810
D: 1,395071
E: 1,400458
vor *b*: 1,401373
F; 1,405106
G: 1,413732.

Capronsäure $HO . C_{12} H_{11} O_3$.

Als Mittelwerth *F* bestimmt. Temperatur der Lösung 8 C.

B: 1,405154
C: 1,406972
D: 1,414554
E: 1,416665
vor *b*: 1,417583
F: 1,421609
G: 1,430278.

Oenanthylsäure $HO . C_{14} H_{13} O_3$.

Mittelwerth vor *b*. Temperatur der Lösung 22°,4 C.

B: 1,412749
C: 1,413979
D: 1,418707
E: 1,424027
b: 1,425500
F: 1,428912
G: 1,437656.

Essigsäure - Methyläther.

Temperatur der Flüssigkeit während der Messung stant 23°,2 C. *D* als Mittelwerth bestimmt.

B: 1,364727
C: 1,366048
D: 1,369047
E: 1,374210
vor *b*: 1,375184
F: 1,378518
G: 1,385920.

Ameisensäure - Aethyläther.

Temperatur der Lösung während der Messung con 23°,2 C. *D* als Mittelwerth genommen.

B: 1,346962
C: 1,348370
D: 1,351889
E: 1,356780
vor *b*: 1,357644
F: 1,361043
G: 1,368304.

Milchsäure.

Temperatur der Lösung 20°,0 C. *D* als Mittelwer

B: 1,430848
C: 1,432538
D: 1,437088
E: 1,443138
b: 1,443972
F: 1,448142
G: 1,457113.

Hippursäure.

Temperatur der Lösung (21°,0 C.) (20°,4) (20°,6). D als Mittelwerth.

B: 1,335118
C: 1,336659
D: 1,340052
E: 1,344985
b: 1,345776
F: 1,348584
G: 1,352762.

Alloxan.

Gesättigte Lösung. *D* als Mittelwerth bestimmt.

B: 1,327192
D: 1,331526
E: 1,334966
vor *b*: 1,335335
F: 1,336870
G: 1,340182.

Alloxantin.

Gesättigte Lösung. *C* Mittelwerth.

B: 1,356459
C: 1,357387
D: 1,359219
E: 1,362004
b: 1,362424
F: 1,364067.

Salpetersaures Uranoxyd.

Gesättigte Lösung. Temperatur von 16°,6 bis 17°,0 C.

I. Minimum vor *b*: 81° 15′ 6″
II. Minimum vor *b*: 291° 37′ 30″.
E: 291° 32′ 42″
D: 291 16 0
C: 291 2 27
B: 290 57 51

Das Violett fehlte im Spectrum ganz, im Blau war *F* n
mehr sichtbar.

B: 1,411345
C: 1,412294
D: 1,415092
E: 1,418529
vor *b*: 1,419500.

Oxalsäure.

Gesättigte Lösung. Temperatur 16°,4 C.
I. Minimum *F*: 79° 2' 9"
II. Minimum *F*: 283° 37' 12".
vor *b*: 283° 27' 48"
E: 283 25 42
D: 283 15 0
C: 283 6 6
B: 283 2 42
G: 283 51 51.

Daraus berechnet:

B: 1,338934
C: 1,339669
D: 1,341595
E: 1,343906
vor *b*: 1,344359
F: 1,346387
G: 1,349546.

Neutrales oxalsaures Ammoniak.

Gesättigte Lösung. Temperatur derselben 20°,6 21°,8. *D* Mittelwerth.

B: 1,323029
C: 1,326927
D: 1,327254
E: 1,328180
b: 1,328653
F: 1,330264
G: 1,333764.

Kalialaun.

Gesättigte Lösung. Temperatur 22°,0 C. *D* Mittelwerth.

B: 1,344686
C: 1,345928
D: 1,346273
E: 1,348190
b: 1,348541
F: 1,350170
G: 1,353678

In den folgenden Bestimmungen, der Brechung einer Substanz nach dem Procentgehalte der Lösung, sind immer zu 100 Theilen Wasser die genannten Theile der festen Substanz genommen.

Chlorkalium.

Zu 100 Th. Wasser 5 Th. Ka Cl. *B* absolut gemessen.

B: 1,342085
C: 1,343727
D: 1,346488
E: 1,351094
b: 1,351782
F: 1,354937.
G: nicht bestimmt.

Chlorkalium.

Zu 100 Th. Wasser 10 Th. Ka Cl. *B* absolut gemessen.

B: 1,344116
C: 1,346014
D: 1,349632
E: 1,354487
b: 1,355259
F: 1,356508
G: 1,365856.

Chlorkalium.

Zu 100 Th. Wasser 15 Th. Ka Cl. *D* absolut gemess Temperaturen (21°,0 C.) (20°,8) (20°,5) (20°,4).

B: 1,346361
C: 1,347953
D: 1,352061
E: 1,357130
b: 1,358065
F: 1,361500
G: 1,369140.

Zu 100 Th. Wasser 20 Th. Ka Cl. *D* absolut gemess Temperatur (21°,0 C.) (20,4) (20,2) (20,0).

B: 1,347781
C: 1,349381
D: 1,353285
E: 1,358243
b: 1,359027
F: 1,362426
G: 1,369920.

Gesättigte Lösung von Ka Cl. Temperatur der Lösu 16°,4 C. bis 17,0.

B: 1,367127
C: 1,368900
D: 1,372465
E: 1,378603
b: 1,379567
F: 1,383160
G: 1,391432.

Chlornatriumlösungen.

Zu 100 Th. Wasser 5 Th. Na Cl. *D* absolut gemess Temperatur 18°,6 C.

B: 1,339656
C: 1,340464
D: 1,342668
E: 1,344720
b: 1,345216
F: 1,346776
G: 1,350507.

Na Cl 10 Th. zu 100 Th. Wasser. *D* absolut gemessen. Temperatur 17°,6 C. bis 17°8.

B: 1,346725
C: 1,347566
D: 1,349829
E: 1,352040
b: 1,352348
F: 1,354079
G: 1,357943.

Na Cl 15 Th. zu 100 Th. Wasser. *D* absolut gemessen. Temperatur 17°,4 bis 18°,2.

B: 1,355065
C: 1,355901
D: 1,358000
E: 1,360167
b: 1,360865
F: 1,362638
G: 1,366580

Na Cl 20 Th. zu 100 Th. Wasser. Temperatur 18°,8 C. bis 19°,0. *D* absolut gemessen.

B: 1,360104
C: 1,360957
D: 1,363427
E: 1,365750
b: 1,366162
F: 1,368048
G: 1,372147.

Na Cl. Gesättigte Lösung. Temperatur 18°,0 C. *D* absolut gemessen.

D: 1,378500
E: 1,382547
b: 1,382954
F: 1,385052
G: 1,389510.

Iodkalium.

5 Th. KaJ zu 100 Th. Wasser. Temperatur 16°,8 C
D absolut gemessen.

B: 1,336464
C: 1,338154
D: 1,342712
E: 1,347293
b: 1,351176
F: 1,355287.

10 Th. KaJ zu 100 Th. Wasser. Temperatur 17°,3 C
D absolut gemessen.

B: 1,339966
C: 1,341630
D: 1,346491
E: 1,348416
b: 1,351760
F: 1,355216
G: 1,363086.

15 Th. KaJ zu 100 Th. Wasser. Temperatur 16°,2 C
D absolut gemessen.

B: 1,346900
C: 1,348513
D: 1,353650
E: 1,358663
b: 1,359520
F: 1,363253
G: 1,371744.

20 Th. KaJ zu 100 Th. Wasser. Temperatur 17°,4 C
bis 17,8. *D* absolut gemessen.

B: 1,349320
C: 1,351009
D: 1,356309
E: 1,361400
b: 1,362360
F: 1,366368
G: 1,375262.

KaJ. Gesättigte Lösung. Temperatur 18°,6. *F* absolut gemessen.

D: 1,455116
E: 1,460406
b: 1,461375
F: 1,465742
G: 1,474257.

Bromkalium.

5 Th. KaBr zu 100 Th. Wasser. Temperaturdifferenzen 21°,0 bis 22°,0. *D* absolut gemessen.

B: 1,336138
C: 1,337590
D: 1,341362
E: 1,346107
b: 1,346861
F: 1,350198
G: 1,357359.

10 Gr. HO zu 1 Gr. KaBr. Temperatur der Lösung 23°,4 C. *D* absolut gemessen.

B: 1,339042
C: 1,340600
D: 1,344741
E: 1,349460
b: 1,350320
F: 1,353565
G: 1,360865.

10 Gr. HO zu $1\frac{1}{2}$ Gr. KaBr. Temperatur der Lösung 24°,0 C. bis 24°,2. *D* absolut gemessen.

B: 1,346165
C: 1,347637
D: 1,351847
E: 1,356980
b: 1,357815
F: 1,361321
G: 1,369076.

Gesättigte Lösung von Bromkalium. Temperatur Lösung 18°,6 C.

B: 1,391401
C: 1,393189
D: 1,398409
E: 1,405154
b: 1,406281
F: 1,410994
G: 1,421212.

Kalisalpeter.

Gesättigte Lösung. Temperatur der Lösung 22°,0. *D* solut gemessen.

B: 1,358692
C: 1,360374
D: 1,364536
E: 1,369777
b: 1,370725
F: 1,374354
G: 1,382680.

Cyanaethyl.

Schwankungen der Temperatur während der Messur (23°,6 C.) (23°,2) (23°,0) (22°,8). Die Brechungsverhä nisse variren bedeutend bei Aenderung der Temperat *b* absolut gemessen.

B: 1,362552
C: 1,363918
D: 1,367410
E: 1,372059
b: 1,373419
F: 1,376553
G: 1,384189.

Bromaethyl.

Temperatur der gemessenen Lösung 25°,4 C. Stark die echungsverhältnisse mit Temperaturänderungen verändend. *b* absolut gemessen.

B: 1,413821
C: 1,416370
D: 1,421206
E: 1,428857
b: 1,429890
F: 1,434883
G: 1,446960.

Iodaethyl.

Temperatur der Lösung 23°,0 bis 23°,2. *b* absolut gessen

B: 1,491996
C: 1,495461
D: 1,504368
E: 1,516590
b: 1,518566
F: 1,527600
G: 1,538791.

Salpetersäure-Aethylaether.

Bei geringer Temperaturänderung beträchtlich die Bechnung ändernd. Temperaturdifferenzen während der ssung 23°,8 C. bis 24°,0. *b* absolut gemessen.

B: 1,376834
C: 1,378335
D: 1,382785
E: 1,388965
b: 1,390573
F: 1,394319
G: 1,404027.

Toluol.

Temperatur der Lösung 24°,4 C. bis 24°,2. *b* abs gemessen.

B: 1,474395
C: 1,477564
D: 1,486500
E: 1,497955
b: 1,500133
F: 1,509220
G: 1,529521.

Benzol.

Temperatur der Lösung 23°,4 bis 23°,0. *b* absolut messen.

B: 1,479547
C: 1,482833
D: 1,492372
E: 1,504540
b: 1,506538
F: 1,515918
G: 1,537200.

Nitrobenzol.

Temperatur der Lösung 21°,8 C. bis 22°,0. *b* abs gemessen.

B: 1,519989
C: 1,524775
D: 1,538200
E: 1,557121
b: 1,560394
F: 1,575109
G: 1,595478.

Salicylige Säure.

Temperatur der Lösung 23°,8 C. *b* absolut gemessen.

B: 1,536229
C: 1,541837
D; 1,558293
E: 1,581412
b: 1,585423
F: 1,604402.

Im Violet treten bei dieser Substanz sehr viele schwarze Linien hervor.

Weinsaures Uranoxyd.

α) Hellgelbe Lösung von weinsaurem Uranoxyd, vor Einwirkung der Sonne gemessen. 5 Proc. Weinsäure zu 1 Proc. weinsaurem Uranoxyd. Temperatur der Lösung während der Messung 23°,0 C. *b* absolut gemessen.

B: 1,330293
C: 1,331765
D: 1,335502
E: 1,340052
b: 1,341545
F: 1,344093
G: 1,350858.

β) Hellgrüne Lösung von weinsaurem Uranoxyd. Die Lösung war, wie die vorhergehende, aus 5 Proc. Weinsäure zu 1 Proc. weinsaurem Uranoxyd bereitet, und durch mehrtägige Einwirkung der Sonne war eine Zersetzung und moleculare Umbildung der Substanz eingetreten. Temperatur der Lösung während der Messung 23°,2 C. bis 22°,8. *b* absolut gemessen.

D: 1,338284
E: 1,342892
b: 1,344288
F: 1,346819
G: 1,353786.

B und *C* waren durch die breiten schwarzen Streifen verdeckt.

1) Saures oxalsaures Uranoxyd.

Gesättigte Lösung. Durch längere Einwirkung der S war Zersetzung und moleculare Umbildung der Sub eingetreten. *D* absolut gemessen. Temperatur der Lö 18°,0 C.

B: 1,345977
C: 1,347551
D: 1,351546
E: 1,356144
b: 1,356959
F: 1,360125
G: durch die Bande verdeckt.

2) Oxalsaures Uranoxyd.

In Oxalsäure gelöste gesättigte Lösung, vor der Ein kung der Sonne gemessen, bei einer Temperatur 20°,4 C. bis 19°,6 während der Messung. *D* absolut messen.

B: 1,335415
C: 1,336854
D: 1,340852
E: 1,345260
b: 1,346000
F: 1,349209
G: verdeckt.

IV. *Ueber das Studium des elektrischen Funkens mittelst Photographie;*
von Prof. O. N. Rood in Troy, Staat New-York.

(*Silliman Journ. N. S. Vol. XXXIII, p.* 219.)

Photographische Bilder des zwischen Kohlen-Elektroden einer Volta'schen Säule erzeugten Funkens sind, auf Silberplatten, vom Prof. Silliman jun. und Dr. W. H. Goode erhalten worden [1]). Dieselben gewahrten an dem negativen Funken eine gröfsere activische Thätigkeit als an dem positiven, was glaube ich die erste veröffentlichte Beobachtung der Art ist; auch bemerkten sie an den Bildern eine doppelte concentrische Structur, ähnlich der in diesem Aufsatz beschriebenen.

Photographien der Schichtungen und leuchtenden Entladungen in Geifsler'schen Röhren erhielt im Frühling 1860 der Prof. W. B. Rogers in Boston mit Benutzung eines Ritchie'schen Inductoriums (*coil*) und berichtete darüber in der im Juni 1860 zu Oxford abgehaltenen Naturforscher-Versammlung [2]).

Aehnliche Photographien wurden von Günther und Dove erhalten und von Letzterem am 27. Mai 1861 der Preufsischen Akademie vorgelegt. Es wurde dabei eine photographische Kammer und eine Bestrahlungszeit von $3\frac{1}{2}$ bis 6 Minuten angewandt [3]). In demselben Hefte von Poggendorff's Annalen, in einem sehr interessanten Aufsatz über die Entladungen der Leydner Flasche, giebt Hr. W. Feddersen an, dafs er mittelst eines nach Liebig's Procefs versilberten Hohlspiegels eine schöne Photographie vom elektrischen Funken erhalten habe, selbst wenn der Spiegel rasch rotirte. Photographien der Spectra des elektri-

1) *Silliman Journ. XLIII* (1842) *p.* 185.
2) *Report of the British Assoc. f.* 1860, *Notices p.* 30.
3) *Pogg. Ann. CXIII, S.* 511.

schen Funken der Ruhmkorff'schen Maschine sind auch vom Prof. W. A. Miller erhalten [1]).

In allen diesen Fällen wurde der elektrische Funke rechtwinklich gegen seine Bewegung photographirt, also eine Seitenansicht desselben erlangt. Mein Zweck in diesem Aufsatz ist: eine sehr einfache und leichte Methode zu beschreiben, durch welche man merkwürdig schöne Photographien vom elektrischen Funken, gesehen parallel der Richtung seiner Bewegung, erhalten kann, so dafs die Bilder gleichsam Querschnitte der Funken und Büschel in allen ihren Varietäten sind. Das Studium der elektrischen Entladung ist, wegen ihrer kurzen Dauer, auf gewöhnliche Weise schwierig und unsicher; während die Photographie, indem sie eine Menge neuer sonst unsichtbarer Details entschleiert und ein bleibendes, nach Belieben zu studirendes Bild liefert, Vortheile darbietet, die nicht hoch genug angeschlagen werden können.

Angewandte Methode. — Vor mehreren Jahren zeigte Hr. E. Becquerel, dafs ein mit Bromsilber überzogenes Papier empfindlich ist für das Licht des elektrischen Funkens. Eine Leydener Batterie von vier Flaschen, in seiner unmittelbaren Nachbarschaft entladen, bewirkte eine schwache Schwärzung. Als er einen einzelnen Funken auf das Papier schlagen liefs, entstand kein Effect [2]).

Bei Versuchen über instantane Photographie, nach dem feuchten Collodium-Procefs, stiefs ich oft auf die wohl bekannte Thatsache, dafs während die von einem sehr hellen Licht getroffenen Theile der empfindlichen Oberfläche sich stark unter der entwickelnden Lösung schwärzten, anliegende Theile, auf welche die Wirkung des Lichts etwas schwächer gewesen, ganz durchsichtig und frei vom Silberniederschlag blieben. Diefs machte es mir wahrscheinlich, dafs wenn man den elektrischen Funken direct auf die empfindliche Fläche schlagen liefse, nur diejenigen Portionen afficirt werden würden, welche in unmittelbarem Contact

1) *Silliman Journ.* N. S. Vol. XXXII (1861) p. 408.
2) Pogg. Ann. LIV, S. 54.

mit der leuchtenden Atmosphäre standen. Versuche bestätigten diese Idee aufs Ueberraschendste. Wenn man einen einzelnen Funken auf die empfindliche Fläche schlagen liefs, entstand unter der Wirkung der entwickelnden Lösung ein schönes, intensives und scharf begränztes Bild, voll zarter Details. Die Bilder hatten eine solche Schärfe und Vollkommenheit, dafs sie unter dem Mikroskope eine 40malige lineare Vergröfserung ertrugen, während es nicht die geringste Schwierigkeit hatte sie mittelst Photographie 20mal linear zu vergröfsern. Die vergröfserten Negativen lieferten dann gute Abdrücke auf Papier. Einige der kleinen Originalbilder waren theilweis umgeben von einem unregelmäfsigen Hof, erzeugt durch das diffuse Licht des Funkens, allein derselbe war meistens so schwach, dafs er die Deutlichkeit ihrer Umrisse nicht störte.

Es entstand natürlich die Frage, ob diese zarten und schönen Bilder durch die Wirkung des *Lichts* auf die empfindliche Platte oder durch elektrische Zersetzung des Silbersalzes hervorgerufen worden, mit anderen Worten: ob die Bilder photographisch oder elektrographisch seyen. Die folgenden Versuche werden es wahrscheinlich machen, dafs sie von der Wirkung des Lichtes herrührten.

1. Man liefs Funken auf empfindliche Platten schlagen und beobachtete ihre Form mittelst einer Linse von einem Zoll Brennweite; als man die latenten Bilder entwickelte, entsprachen sie in Gestalt den beobachteten.

2. Eine Glasplatte wurde mit blofsem, von Iodid und Bromid freiem Collodium überzogen und fünf Minuten in dem Bade von salpetersaurem Silber gelassen: dann nahm man sie heraus und liefs auf verschiedene Portionen der feuchten Collodiumfläche einzelne Funken schlagen. Unter der Wirkung des Entwicklers erschienen die wohlbekannten Funkenbilder.

Eine blofse saubere Glasplatte ohne alle Bekleidung wurde auf einige Sekunden in das salpetersaure Bad gelegt; nach Herausnahme derselben und als sie noch feucht *war, wurden Funken* gegen verschiedene Stellen derselben

entladen; als sie mit der entwickelnden Lösung von schwefelsaurem Eisen übergossen worden, erschienen klare und scharfe Bilder von den Funken.

Da reines, von Iodid und Bromid freies Collodium, so wie blofse, mit dem salpetersauren Bad nur befeuchtete Glasplatten nicht von den Photographen als empfindlich für das Licht betrachtet worden sind, so machten die unerwarteten Resultate es wahrscheinlich, dafs die elektrische Entladung eine Zersetzung des salpetersauren Silbers bewirkte. Allein auf folgende Weise vermochte ich zu zeigen, dafs diese Flächen wirklich für das Licht empfindlich sind. Eine Platte, überzogen mit Collodium, das von Iodid und Bromid frei, aber mit einer Lösung von salpetersaurem Silber aus dem Bade gesättigt war, wurde in eine *Camera obscura* gebracht, die gegen ein Fenster und den dahinter befindlichen hellen Himmel gerichtet war. Die angewandte Linse war die »*Portrait Combination*«, ihre Brennweite betrug 6 Zoll und ihre Apertur $1\frac{1}{2}$ Zoll. Die Aussetzung dauerte 10 Minuten, bei Anwendung der vollen Apertur. Unter der Lösung von schwefelsaurem Eisen wurde ein deutliches, aber nicht sehr intensives Bild vom Fenster erhalten. Hierauf wurde Sonnenlicht durch einen »Ochsenaug-Condensator« (»*bull's-eye condenser*«) verdichtet, und dieser, um zu grofse Erhitzung zu vermeiden, so gestellt, dafs seine Oberfläche etwa in der Mitte zwischen der Linse und ihrem Brennpunkt stand; der helle Fleck auf dem Stativ nahm einen ovalen Raum von 2 Zoll Länge und $\frac{3}{4}$ Zoll Breite ein. Eine nur durch Eintauchung in das salpetersaure Bad angefeuchtete Platte wurde 10 Sekunden lang auf das Stativ gebracht und dann durch eine Lösung von schwefelsaurem Eisen entwickelt; es kam ein intensives Bild von dem ovalen Fleck zum Vorschein.

3. Das Bild des positiven Funken, der auf eine blofs mit salpetersaurem Silber befeuchtete Platte überspringt, hat eine eigenthümliche und bestimmte Form. Wenn diese Form wirklich vom Licht hervorgebracht ist, so durfte man erwarten, dafs das Licht auch auf eine andere sensitive

Platte wirken werde, die direct unter der ersten und im Contact mit ihr sich befinde. Und dieſs ist wirklich der Fall. Eine mit sensitivem Collodium überzogene Glasplatte wurde, nach der Herausnahme aus dem salpetersauren Bade, bedeckt mit einem Stück des sehr dünnen, zu mikroskopischen Zwecken dienenden Glases, nachdem es zuvor mit einer Lösung von salpetersaurem Silber befeuchtet worden; dann wurden Funken auf die bedeckende dünne Glasplatte geleitet. Als diese Platte entfernt und die Collodiumfläche auf gewöhnliche Weise entwickelt wurde, kamen Funkenbilder zum Vorschein, die jedoch an Schärfe und Intensität viel eingebüſst hatten. Als das dünne Glas geschwärzt wurde, so daſs es kein Licht durchlieſs, entstanden bei Wiederholung des Versuchs keine Bilder, selbst als man eine groſse Anzahl Funken gegen dieselbe Stelle schlagen lieſs.

Apparat zur Darstellung der Photographien. — Zur Erregung der Elektricität wurde eine kleine Cylindermaschine angewandt; der Cylinder hielt 10 Zoll in Länge und 7 Zoll im Durchmesser; der Conductor hatte eine Oberfläche von 200 Quadratzoll.

Der Apparat, um die Funken auf die sensitive Platte überzuführen, ist in Fig. 7 Taf. III abgebildet. Ein Messingstab RR', der in einer frisch polirten Messingkugel von 0,6 Zoll Durchmesser endigt, wird, isolirt, von einem Stativ über der Mitte der sensitiven Platte gehalten; er ist graduirt und durch eine Schraube eingeklemmt. Die sensitive Platte liegt auf einer Silberscheibe, die mit dem Reibzeug der Maschine in metallischer Verbindung steht. Eine schwache Feder von Platinfolie ruht auf der Collodiumschicht und verbindet sie mit der Silberscheibe. R ist mit dem Conductor verbunden.

Die Manipulation war folgende: Eine Glasplatte, drei Zoll im Quadrat, wurde sorgfältig gereinigt, mit Collodium überzogen und in einem Bade von 40 Gran salpetersaurem Silberoxyd auf eine Unze Wasser sensitiv gemacht. Nach der Herausnahme aus dem Bade wurde die Platte eine oder

zwei Minuten lang in aufrechter Stellung gehalten, um abzuträufeln; dann wurde sie auf ihr Lager gebracht und die Maschine langsam gedreht, bis eine anscheinend einfache Entladung stattgefunden hatte, worauf die Platte um etwa 0,3 Zoll verschoben und die Operation wiederholt ward, bis 20 Funken übergesprungen waren. Dann wurde die Platte entwickelt und wie gewöhnlich fixirt. Nach jedem Versuch wurde auch die Messingkugel abgewischt, um Staub zu entfernen.

Die auf diese Weise erzeugten Bilder werden leicht zu intensiv, und dadurch ihre inneren Details oft verdunkelt. Die Auswahl des Collodiums erfordert daher einige Sorgfalt. Dasjenige, welches sich zu »*Ambrotypen*« eignet, verdient den Vorzug. Die folgende Formel bewährte sich bei mir gut:

Reines (*plain*) Collodium	8 Unzen
Iodkalium	40 Gran
Bromammonium . . .	20 Gran

Dieſs Collodium muſs in noch frischem Zustande gebraucht werden, weil es dann sensitiv und in seiner Wirkung nicht zu intensiv ist.

Form des positiven Funkens, wenn er durch einen kurzen dicken Metallstab aus dem Conductor gezogen wird.

Unter diesen Umständen besteht der positive elektrische Funke aus zwei Figuren, nämlich einem Stern und einem oder mehren Ringen. Die Beziehung derselben zu einander wird modificirt durch die Schlagweite des Funkens, d. h. durch die Spannung der Elektricität. Gewöhnlich hat die Anordnung der beiden Figuren einen bedeutenden Grad von Symmetrie. Die sehr hervortretende Verschiedenheit dieser beiden Componenten und die Thatsache, daſs die Ringgestalt, wie ich zeigen werde, dem elektrischen Büschel eigen ist, scheint anzuzeigen, daſs jeder einfache Funke aus zwei oder mehren successiven Entladungen von verschiedener Intensität besteht. Die Abbildungen der Funken in Fig. 8 Taf. III sind nach 9 Mal linear vergröſserten

Photographien ausgeführt; die hellen Portionen der Funken sind daher durch dunkle Schattirungen vorgestellt.

Bei $\frac{1}{10}$ Zoll Abstand der Messingkugel von der sensitiven Platte ist die gewöhnlichste Form die in Fig. 8 mit 0,1 bezeichnete. Die sternähnliche Gestalt ist sehr deutlich; einer der Ringe ist in deren Areal eingeschlossen und durch einen dunkleren Schatten schwach angedeutet; der andere Ring, zuweilen sichtbar, umschreibt dieselbe. — Bei $\frac{2}{10}$ Zoll Abstand sind die Strahlen länger und der äufsere Ring ist deutlich sichtbar; 0,2 in Fig. 8. — Bei $\frac{3}{10}$ und $\frac{4}{10}$" Abstand sind die Strahlen noch länger und der Ring wohl entwickelt; 0,4 in Fig. 8. — Bei $\frac{5}{10}$" Abstand, ähnliche Gestalt, nur beginnen die Strahlen unregelmäfsig zu werden. — Bei $\frac{6}{10}$" Abstand, ganz unregelmäfsige Strahlen, beide Ringe deutlich sichtbar. — Bei $\frac{7}{10}$ bis $\frac{12}{10}$" Abstand verliert der Stern seine Regelmäfsigkeit und die Ringe liegen nicht mehr symmetrisch. — Bei $\frac{13}{10}$" Abstand geht kein Funke mehr über; er ist ersetzt durch den elektrischen Büschel oder vielmehr durch ein Mittelding zwischen Büschel und wahrem Funken; I in Fig. 8.

Diese intermediären Entladungen machen einen starken Eindruck auf die Platte und liefern intensive scharfe Figuren, bestehend aus drei Theilen: einem äufseren scharf begränzten Kreis, darin einen punktirten Kreis und ganz zu innerst einen breiten Ring, welcher durch zarte Abstufungen in einen Stern übergehen kann. Diefs würde andeuten, dafs der partielle Funke unter diesen Umständen zum wenigsten aus drei successiven Entladungen von verschiedener Spannung besteht. Die Kreise auf der Platte scheinen genau denselben Durchmesser zu haben, den sie in der Luft besitzen. Darauf deutet sehr der folgende Versuch. Hält man die Platte schief, so gehen die partiellen Funken gemeiniglich eine kleine Strecke an ihr entlang, ehe sie mit in wirklichen Contact kommen, und die Bahn derselben ist dann durch cometenähnliche Schweife bezeichnet (Fig. 9 Taf. III). *Diese Schweife haben gleichen Durchmesser wie die Kreise.* Dasselbe gilt auch von dem Büschel.

Elektrischer Büschel. — Wenn vermöge des Abstandes oder des Gebrauchs eines zugespitzten Drahtes die partiellen Funken an Intensität verringert werden, hat man den elektrischen Büschel. Die Form desselben ist etwas verschieden von der letzten. Der mittlere punktirte Kreis verschwindet, so gut wie die Projectionen aus dem breiten inneren Ringe, und man hat zwei concentrische Ringe, von denen der kleinere am stärksten markirt ist. Nimmt der Büschel noch mehr ab an Intensität, so wird der äufsere Kreis sehr schwach und verschwindet zuletzt, so dafs nur ein einziger Kreis übrig bleibt. Siehe III und IV in Fig. 8.

Längst sind die Elektriker zu dem Schlufs gelangt, dafs der Funke durch unmerkliche Abstufungen in den Büschel übergehe, und ich finde dafs die Photographien eine schöne Bestätigung dieser Ansicht liefern. Die Gestalten I, II, III, IV (Fig. 8) sind ausgewählt aus Photographien der ersten Glieder einer Reihe, welche die allmähliche Umwandlung dieser Formen in die andere erläutert; die übrigen Glieder wären leicht hinzuzufügen.

Wir haben gesehen, dafs während der elektrische Büschel durch eine Ringform charakterisirt ist, eine Elektricität von höherer Spannung sternähnliche Figuren erzeugt, deren Strahlen bis zu einem gewissen Punkt mit der Spannung wachsen. Das beständige Vorkommen einer Combination dieser beiden Formen in den Photographien *heller Funken* weist nun klar darauf hin, dafs diese Funken ebenfalls aus mehr als einer Entladung bestehen; überdiefs kann der Ring, wo er die Strahlen des Sternes schneidet, oft unter denselben verfolgt werden, wie wenn eine Superposition stattgefunden hätte. Wenn ferner der helle Funke einen gewissen Abstand durchwandert, liegt der Ring gewöhnlich nicht symmetrisch, wie wenn die ihn erzeugende Entladung eine etwas andere Bahn verfolgt hätte. Stets beobachtet man Anzeigen, welche zu der Idee führen, dafs sogar der Stern selbst gebildet ist durch Superposition zweier Sterne, welche Strahlen von verschiedener Gröfse und verschiedener Intensität besitzen.

Die feuchte Collodiumschicht bietet natürlich dem Uebergang der Elektricität auf seiner Fläche einen gewissen Widerstand dar, und liefert uns solchergestalt die verschiedenen oben beschriebenen Anzeigen.

Da endlich die Untersuchungen von Kirchhoff, Helmholtz und Feddersen gezeigt haben, dafs die elektrische Entladung oscillatorisch und wellenähnlich ist, so bin ich um so mehr geneigt diese photographischen Figuren als erzeugt durch eine Reihe auf einander folgender Entladungen von verschiedener Intensität zu betrachten.

Ehe ich zu dem nächsten Punkt von Interesse übergehe, will ich einer sonderbaren Abänderung erwähnen, welche der positive Partialfunke erleidet, wenn die Maschine rasch gedreht wird, so dafs eine grofse Anzahl von ihnen auf denselben Fleck schlägt (Siehe V Fig. 8). Viele dieser Partialfunken sind rings um den Punkt unter der Messingkugel radialiter angeordnet, und die zugespitzte Portion ist nach aufsen gewandt.

Form des negativen Funkens, wenn er durch einen kurzen Metallstab aus dem Conductor gezogen wird.

Die Lichtenberg'schen Figuren sind als Anzeige einer wirklichen Verschiedenheit zwischen positiver und negativer Elektricität betrachtet worden. Riefs, welcher sie mit grofser Sorgfalt untersucht hat, findet zu dem bedeutenden Unterschied in der Gestalt noch den, dafs der Durchmesser der positiven Figur sich zu dem der negativen wie 2,77 : 1 verhält. Derselbe Physiker hat neuerlich über die Priestley'schen Ringe, die sich bilden, wenn eine grofse Anzahl von Funken auf polirte Metallplatten schlagen, eine ausführliche Untersuchung angestellt und ist dabei zu dem Schlufs gelangt, dafs die von der negativen Elektricität gebildete Reihe von Ringen ganz verschieden ist von der durch die positive erzeugten [1]). Demzufolge würde es sehr interessant seyn zu ermitteln, ob auch zwischen den Pho-

1) *Pogg. Ann. CXIV, S. 193.*

tographien der beiden Funken ein solcher Unterschied bestehe.

Der Apparat ward wie zuvor eingerichtet, nur dafs negative Funken auf die sensitive Platte einschlugen.

Die Gestalt des negativen Funkens fand sich ganz verschieden von der des positiven; er war von Strahlen entblöfst, kreisrund von Gestalt und oft aus einer Anzahl kleiner unsymmetrisch liegender Kreise gebildet. Bei kurzen Schlagweiten (*distances*) war er viel gröfser als der positive Funke und niemals so gut begränzt wie dieser.

Bei $\frac{1}{10}$ und $\frac{2}{10}$ Zoll Abstand erschienen runde Scheiben, die durch ihre Schattirung auf eine innere Structur deuteten; 0,1 in Fig. 10 Taf. III. — Bei $\frac{3}{10}$ Zoll Abstand waren die Scheiben in eine Anzahl kleiner Kreise zerfallen. Siehe 0,3 in der Figur. — Bei $\frac{4}{10}$" Abstand erschien 0,4 in der Figur. — Bei $\frac{5}{10}$" Abstand ebenso, doch zuweilen auch die Form *A* in der Figur. — Bei $\frac{6}{10}$" Abstand ging kein Funke mehr über; die partiellen Entladungen erzeugten keine Gestalten, sondern nur eine allgemeine Schwärzung der Platte unter dem Entwickler.

Als man die sensitive Platte auf den mit positiver Elektricität geladenen Conductor legte und aus ihrer Oberfläche Funken zog, entstand die negative Figur; als die Platte auf dem mit negativer Elektricität geladenen Conductor lag und Funken aus ihr gezogen wurden, erhielt man die positive Figur; als endlich die Platte auf beiden Seiten mit Collodium überzogen und isolirt wurde, vor und hinter ihr eine Messingkugel, von denen die eine ebenfalls isolirt und die andere mit dem Boden verbunden war, so entstanden, wie zu erwarten, als man Funken der einen oder anderen Elektricitätsart von der isolirten Kugel zu der Platte und von der Platte zu der abgeleiteten Kugel überspringen liefs, auf den entgegengesetzten Seiten der Platte positive und negative Bilder.

Es ist bekannt, dafs, wenn man den Knopf einer mit positiver Elektricität geladenen Flasche mit einer dünnen Pechplatte berührt, auf dieser, bei Bestreuung mit einem

Gemisch von Schwefelblumen und Mennige, eine sternähnliche Figur entsteht; während sich eine runde Figur bildet, wenn die Flasche negativ geladen war. Diese Figuren führen den Namen ihres Entdeckers Lichtenberg. Die von Riefs angewandte Methode ist besser berechnet, genaue Resultate zu geben, als die gewöhnliche, oben angeführte. Eine kleine quadratische Kupferplatte wird auf einer Seite dünn mit schwarzem Pech überzogen; die Spitze eines isolirten Metallstabes berührt die Mitte der Pechfläche; während die andere Seite der Platte in metallischer Verbindung mit dem Boden steht. Wenn man nun aus der mit positiver Elektricität geladenen Flasche einen Funken auf den zugespitzten Stab überschlagen läfst, diesen noch isolirten Stab entfernt, und nun das Pech mit dem Gemisch von Schwefel und Mennige bepudert, so bildet sich der Stern in grofser Reinheit; in entsprechender Weise entstehen natürlich die rothen negativen Figuren auch sehr vollkommen.

Bei Wiederholung dieser Versuche nach der Riefs'schen Methode wurde ich überrascht von der Aehnlichkeit, die zwischen der rothen negativen Scheibe und den Photographien des negativen Funkens besteht. Auch der positive gelbe Stern hat im Allgemeinen eine Aehnlichkeit mit den Photographien des positiven Funkens, und diese wird sehr erhöht, wenn man den Stern auf folgende Weise hervorbringt. Man hält die Pechplatte in solchem Abstand von dem Knopf des Conductors, dafs kein Funke überspringen kann, dann dreht man die Maschine und läfst den Büschel einen Augenblick übergehen. Beim Bepudern der Platte erscheint nun eine Menge kleiner gelber Sterne, die den Photographien sehr ähnlich sind; oft sind sie umgeben von kleinen rothen Kreisen, indem solche Portionen durch Induction negativ wurden.

V. *Ueber J. Kravogl's Quecksilber-Luftpumpe;* von *Dr. Adalbert Edlem von Waltenhofen*,

k. k. Professor der Physik an der Universität zu Innsbruck.

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den Sitzungsber. d. Wien. Akad. Bd. XLIV.)

Hr. Kravogl hat mich ersucht, eine kurze Schilderung der von ihm erfundenen und verfertigten Luftpumpe zu geben.

Ich entspreche diesem Wunsche um so bereitwilliger, nachdem ich bei näherer Prüfung die Ueberzeugung gewonnen habe: dafs jene Erfindung besondere Aufmerksamkeit und die thätigste Unterstützung verdient.

Der Gedanke: das Quecksilber, indem es einen beweglichen Stahlcylinder umgiebt, die Rolle eines flüssigen Kolbens in einem passend geformten gläsernen Stiefel spielen zu lassen — ist dabei in einer Weise ausgeführt, welche nicht nur auf den Namen einer neuen Erfindung, sondern auch eines unverkennbaren Fortschrittes gerechten Anspruch hat.

Einrichtung und Gang des Apparates werden aus nachstehender Beschreibung und aus der Zeichnung Fig. 5 Taf. III verständlich seyn.

Der flaschenähnliche und seitwärts unten bei *f* tubulirte gläserne Stiefel *S* ist in seinem gröfseren unteren Theile cylindrisch und verjüngt sich nach oben hin ziemlich rasch zu einem engen Halse *h*, der sich dann wieder etwas erweitert und — nachdem er sich so zu einem kleinen Trichter *a* gestaltet hat — cylindrisch endet.

Am unteren Ende des eben beschriebenen Stiefels ist eine grofse Stopfbüchse angebracht, durch welche mit sehr starker Reibung ein oben elliptisch abgerundeter Stahlcylinder *C* eingeführt ist.

Derselbe hat einen etwas kleineren Durchmesser als die innere Weite des Stiefels und eine solche Führung, dafs seine Axe immer mit der des Stiefels zusammenfällt. Eine

sehr gelungene Vorrichtung gestattet diesen Stahlcylinder bequem und innerhalb einer solchen Hubhöhe auf und ab zu bewegen, dafs seine Kuppe bei der *tiefsten* Stellung unterhalb des Seitencanals *f*, und bei der *höchsten* Stellung in die Nähe des Halses *h* zu stehen kommt, jedoch ohne das Glas zu berühren.

Im Stiefel befindet sich Quecksilber, welches den Stahlcylinder, so weit er eingeschoben ist, stets allseitig umgiebt und so bemessen ist, dafs es bei der *tiefsten* Stellung den Seitencanal *f* offen läfst, bei der *höchsten* aber bis in den Trichter *a* hineinreicht.

An der Mündung des Tubulus *f*, dessen Fortsetzung *r* zum Recipienten führt, ist ein stählerner Sperrhahn *x* angebracht [1]).

Im Halse *h* ruht ein abwärts schliefsendes stählernes Zapfenventil *z*.

Vom Ballon *B* wolle man vorderhand ganz absehen und sich den Trichter *a* unmittelbar mit der äufseren Luft in Verbindung denken.

Eine zweckmäfsige Selbststeuerung besorgt die rechtzeitige Drehung des Hahnes *x*, der nur so lange offen bleibt, als der Tubulus *f* von Quecksilber frei ist, sowie das rechtzeitige Heben und Fallenlassen des Ventils *z*.

Wenn nun der Kolben aus der gezeichneten Stellung aufwärts geht, erfüllt das Quecksilber zunächst den vom Recipienten abgesperrten Tubulus *f* und erhebt sich, den Stahlcylinder allseitig bedeckend, im Stiefel; es dringt dann, sobald der Stahlcylinder seiner höchsten Stellung nahe ist, durch den Hals *h*, während das Ventil *z* gehoben ist, und nimmt endlich bei der höchsten Stellung etwa die Hälfte des Trichters *a* ein.

Durch diesen Vorgang wird zugleich die Luft aus dem Stiefel bis auf jene Ueberreste verdrängt, welche gröfstentheils zwischen dem Quecksilber und dem Glase als feine Bläschen bemerkbar sind.

1) Hr. Kravogl beabsichtigt diesen Hahn künftighin durch ein bereits *vortheilhaft erprobtes* Ventil zu ersetzen.

Beim Niedergange des Kolbens wird das Quecksilber durch das wieder fallen gelassene Ventil z in zwei Portionen getrennt, von welchen eine im Trichter zurückbleibt, die gröfsere aber mit dem Stahlcylinder sinkt.

Der dazwischen entstehende luftverdünnte Raum giebt zunächst Veranlassung, dafs aus den zurückgebliebenen Luftbläschen gröfsere Blasen werden, die sich alsbald an der Oberfläche des Quecksilbers entleeren; und sobald der Tubulus *f* frei geworden, und zugleich der Hahn *x* geöffnet ist: strömt auch aus dem Recipienten Luft herüber.

Geht nun der Kolben abermals hinauf, so wiederholt sich der bereits früher beschriebene Vorgang, und, indem die Luft, welche sich auf die eben erzählte Art neuerdings über dem Quecksilber angesammelt hat, durch den Hals *h* hinausgetrieben wird, läfst das dabei gehobene Ventil z das früher im Trichter zurückgebliebene Quecksilber herunterfallen.

Alsbald aber gelangt das wieder vereinigte Quecksilber, fortwährend steigend, wieder in den Trichter.

Der hierauf folgende Niedergang des Kolbens bewirkt eine abermalige Trennung des Quecksilbers und wiederholte Luftverdünnung in der früher beschriebenen Weise, jedoch schon von einer geringeren Menge zurückbleibender Bläschen begleitet. Es erfolgt nunmehr eine zweite Luftergiefsung aus dem Recipienten, usw.

Der beschriebene Gang des Apparates bewerkstelligt mit aller Präcision eine fortschreitende Luftverdünnung im Recipienten, welche zuverlässig bis *unter Ein Millimeter* Quecksilber verfolgt werden kann [1]). Diefs gelingt, unter übrigens gleichen Umständen, natürlich desto leichter, je

1) Diese Angabe ist durch Vergleichung gehobener Quecksilbersäulen mit dem gleichzeitigen Barometerstande bei gehöriger Berücksichtigung der Capillarcorrectionen bestätigt worden. Die abgekürzten Barometerproben, welche, von anderen Luftpumpen entlehnt, zur Prüfung der Kravogl'schen benutzt wurden: haben sich als ungenügend ausgekocht erwiesen und in Folge dessen entweder gar keine oder sogar negative Niveaudifferenzen gezeigt, obgleich sie erst vor einigen Jahren von bewährten Händen neu ausgekocht und bisher für gut gehalten wurden.

weniger das Innere des Stiefels mit adhärirenden Dünsten behaftet und je trockener die Luft in- und aufserhalb des Recipienten ist.

Der früher aufser Betrachtung gelassene Ballon *B* dient nun dazu, das Zustandekommen der höchsten Verdünnungsgrade, wenn es eben darauf ankommt, zu begünstigen.

Zu diesem Ende läfst man, nachdem die Luft im Recipienten bereits einige hundertmal verdünnt worden ist, den Trichter *a* nicht mehr mit der äufseren Luft, sondern mit einem zuvor ausgepumpten grofsen Ballon in Verbindung.

Die vortheilhafte Wirkung dieses Kunstgriffes, welcher bei der *einstiefeligen* Pumpe gewissermafsen die sonst durch den Grafsmann'schen oder den Babinet'schen Hahn ermöglichte Hülfeleistung eines zweiten Stiefels ersetzen soll, ist selbstverständlich [1]). Schliefslich ist noch die Vorrichtung bemerkenswerth, mit welcher die Pumpe in Gang erhalten wird.

Sie besteht aus einem Räderwerk, welches einerseits mit einem Schwungrade versehen ist, und andererseits zwei neben einander ausgespannte Transmissionsketten in Umlauf setzt, deren Verbindung mit dem Stahlcylinder zusammenhängt und ihn auf- und niederführt.

Die Verzahnungen der Räder und Ketten sind so genau und solid gearbeitet, dafs sie die sanfteste Bewegung gestatten, und das statische Verhältnifs des ganzen Triebwerkes ist so bemessen, dafs die Hand, welche am Kranze des Schwungrades angreift, den Apparat, trotz der sehr starken Reibung in der Stopfbüchse, mit Leichtigkeit in Gang erhält.

Die beschriebene Erfindung verdient um so mehr Beachtung, als schon der erste Versuch eine Luftpumpe geliefert hat, mit welcher kaum die ersten Meisterwerke concurriren können, und die bereits entworfene zweistiefelige Construction noch bessere Leistungen verbürgt.

1) Zweistiefelige Luftpumpen beabsichtigt Hr. Kravogl so einzurichten, dafs ein Stiefel aus *dem* Recipienten, der andere aber aus dem Trichter *des ersteren saugt.*

Es ist zu wünschen, dafs Hr. Kravogl recht bald veranlafst werde, seine vielversprechenden Arbeiten in dieser Richtung fortzusetzen [1]).

1) Zur Darstellung der nach ihm benannten Röhren bedient sich Hr. Geifsler in Bonn schon seit einigen Jahren ebenfalls einer Quecksilber-Luftpumpe, die beschrieben und abgebildet ist in: *Beobachtungen über das geschichtete elektrische Licht* usw., von Dr. W. H. Th. Meyer, 4°. Berlin 1858. Diese Pumpe, die nach mehrseitigem Urtheile einen bei weitem höheren Grad von Verdünnung gewährt als die beste Kolbenpumpe, besteht im Wesentlichen nur aus zwei langen Glasröhren, deren eine, lothrecht befestigt, sich nach oben erweitert und über dieser Erweiterung durch einen Glashahn verschliefsbar ist, während die zweite mit dem unteren Ende der ersten durch eine Kautschuckröhre in Verbindung steht und deshalb mehr oder weniger geneigt werden kann. Diese zweite Röhre und das oben an ihr befestigte, bis auf eine kleine Oeffnung verschlossene Glasgefäfs sind mit Quecksilber gefüllt, das sich von ihr auch in die erste Röhre ergiefst. Durch Aufrichten und Niederlegen der beweglichen Röhre wird in der feststehenden das Quecksilber zum Steigen und Sinken gebracht, und somit, bei entsprechender Drehung des Glashahn, das Evacuiren vollzogen. *P.*

VI. *Ueber den Unterschied der Wärmeausstrahlung in geschlossenen Thälern und auf Hochebenen; von J. H. Koosen.*

Nach einer von Wells, dem Begründer der Theorie des Thau's, aufgestellten Behauptung, ist die Wärmeausstrahlung in Thälern gröfser als in der freien Ebene. Diese Behauptung erscheint auf den ersten Anblick, wenn man die durch Bergwänden von allen Seiten geschützte Lage der Thalebenen in Betracht zieht, so paradox und ist auch neuerdings von Karsten in diesen Ann. Bd. 115, S. 159 angefochten worden, so dafs es mir von Wichtigkeit schien durch eigene Beobachtung dem bei der Wärmeausstrahlung in geschlossenen Thälern und Hochebenen waltenden Umständen nachzuforschen, da die von Wells angeführte Thatsache nicht blofs in physikalischer Hinsicht bemerkenswerth, sondern auch für die Vegetationsentwicklung in der Thalebene von der gröfsten Wichtigkeit ist.

Seit mehreren Jahren in einem von 100 bis 200 Fufs hohen Bergen nach allen Seiten eingeschlossenen Gebirgsthale lebend, habe ich vielfach Gelegenheit gehabt, die Richtigkeit der von Wells gemachten Beobachtung zu bestätigen. Die Ausstrahlung in *windstillen* und wie sich von selbst versteht, sternklaren Nächten ist in der Thalebene bedeutend gröfser als in der darüber gelegenen Hochebene und beträgt der Temperaturunterschied nahe am Boden befindlicher Gegenstände wie auch der Luft selbst bis zu einer gewissen Höhe oft bis zu 4 bis 5° C. Als Beispiel diene folgendes: Am 23. September d. J. zeigte das Minimum-Thermometer im Thale in einer Höhe von 20 Fufs über dem Erdboden die für die Jahreszeit ungewöhnlich niedrige Nachttemperatur von — 2° R. und alle einigermafsen empfindlichen Pflanzen, wie die *Hortensia*, *Fuchsia*, *Canna*, *Caladium*, *Araucaria excelsa*, waren in Blüthe und Laub *erfroren, ja selbst das* Weinlaub am freistehenden Spalier

war gänzlich erfroren, ebenso hatten die jungen Triebe der Akazien und Rosen sehr gelitten; während auf der 100 bis 200 Fufs höher gelegenen Hochebene keine Pflanze, selbst nicht die Georgine gelitten hatte, auch an gänzlich freistehenden Weinstöcken das Laub unversehrt geblieben war.

Auf solche Temperaturunterschiede wird man erst aufmerksam, wenn sich ihr Einflufs auf die Vegetation herausstellt, also namentlich zur Zeit der Nachtfröste im Frühjahre und Herbste; obwohl ich aber auch im Frühjahre bedeutende Unterschiede in der Ausstrahlung im Thale und auf der Höhe wahrgenommen, so treten diese doch in weit gröfserem Maafse zur Zeit der Herbstnachtfröste hervor, offenbar wegen des bedeutend niederen Standes der Sonne und der davon abhängigen längeren Zeitdauer der Wärmestrahlung in den Thälern. Hiermit ist auch schon eine der Hauptursachen dieses Phänomens angedeutet; die Wärmeausstrahlung beginnt sobald die Sonne unter dem Horizont verschwunden; diefs geschieht im Herbst und Winter in den Thälern 1 bis 2 Stunden früher als in der Hochebene; sie hört auf sobald die Sonne wieder über den Horizont tritt, in Thälern ebenfalls mehrere Stunden später als in der Hochebene; im Frühling und Sommer findet ein solcher Unterschied ebenfalls statt, ist aber wegen des höheren Sonnenstandes bedeutend geringer.

Wenn man an einem Sommerabende kurz nach Sonnenuntergang aus einem Thale in die Hochebene hinaufsteigt, so findet man dort schon alle Pflanzen mit Thau bedeckt, während sie in der Höhe noch vollkommen trocken sind. Die Zeitdauer der Ausstrahlung ist im Thale, je näher man dem Wintersolstitium kommt, bedeutend gröfser als in der Hochebene und umgekehrt die Dauer der Insolation bedeutend kürzer.

Die Vorstellung, dafs eine Thalebene durch die sie einschliefsende Berge gegen Temperatureinflüsse *geschützt* sey, ist allerdings richtig, insofern man darunter den Schutz gegen kalte Winde, namentlich gegen die im Winter der Vegetation so schädlichen Ostwinde versteht; aber keineswegs

bezieht sich dieser Schutz auf die Wirkung der Wärmestrahlung, indem gerade durch die einschliefsenden Bergwände die Zeit der Insolation verkürzt, mithin die Dauer und der Gesammteffect der Ausstrahlung vergröfsert wird.

Man könnte nun noch vermuthen, dafs die Gröfse der Ausstrahlung an und für sich geringer in Thälern sey als in der Hochebene, indem ja durch die Berge ein grofser Theil des Himmelsraumes, in welchen die ausgestrahlte Wärme übergeht, verdeckt ist, während in der Hochebene die ganze Halbkugel der Ausstrahlung offen ist. Diese Vermuthung bestätigt sich jedoch nicht oder nur in sehr geringem Maafse; ein nahe am Boden befindliches Object, wie etwa eine Pflanze, kann auch in der Ebene nicht frei gegen die ganze Halbkugel des Weltraumes ausstrahlen; es befinden sich immer andere ähnliche Objecte, Pflanzen oder Gebäude in der Nähe, welche einen grofsen Theil der Ausstrahlung nach der Richtung des Horizontes zu auffangen, und im Ganzen kann man selbst in der Ebene annehmen, dafs derjenige Theil des Himmelsraumes, nach welchen ein am Boden befindliches Object ungehindert Wärme ausstrahlt, durch einen parallelen Kreis begränzt wird, der 30 bis 35° vom Horizont absteht. In der Thalebene erheben sich aber die Bergwände, durch welche die Wärmeausstrahlung eines Objectes abgeschnitten wird, selten über 35 bis 40° über den Horizont nach allen Azimuten zu und im Durchschnitte betrachtet: der der Ausstrahlung offenstehende Himmelsraum scheint also in der Hochebene für nahe am Boden stehende Objecte nicht wesentlich gröfser zu seyn als im Thale. Hier kommt aber noch ein anderer wichtiger Umstand in Betracht, über welchen es allerdings noch an genauen Versuchen fehlt, nämlich die Frage: gegen welchen Theil des Himmelsraumes bei gleicher Winkelöffnung die Ausstrahlung eines Objectes am stärksten sey; sie ist offenbar desto gröfser, je mehr die Ausstrahlung gegen das Zenith gerichtet ist: eine Pflanze ist wesentlich gegen die Ausstrahlung geschützt, sobald ein Schirmdach *von geringer Ausdehnung* senkrecht über ihr ange-

bracht ist, während der seitliche Schutz von nahestehenden Bäumen, Gebäuden und Aehnlichem für die Wärmeausstrahlung wenig bedeutet.

Wir wissen nun durch die neueren schönen Untersuchungen von Tyndall über die Diathermansie der atmosphärischen Luft und des Wasserdampfes, dafs die Ausstrahlung gegen dem Zenith nahegelegene Theile des Himmelsraumes nicht allein wegen der geringeren Dicke der zu durchdringenden Schicht der Atmosphäre, sondern namentlich wegen der mangelnden Dampfschicht bedeutend gröfser seyn mufs als die Ausstrahlung gegen den Horizont oder gegen den Theil des Himmelsraumes, der nur wenig gegen den Horizont geneigt ist.

Aus dem Vorstehenden ist ersichtlich, dafs unter übrigens gleichen Umständen in Thälern 1) die Dauer der Insolation geringer, 2) die Dauer der Ausstrahlung bedeutend länger, 3) endlich die relative Stärke der Ausstrahlung höchst wahrscheinlich nahe dieselbe ist, als auf der Hochebene; dafs also im Ganzen der absolute Werth der Gesammtausstrahlung in Thälern bedeutend gröfser ausfallen mufs als in der Hochebene. Hieraus erklärt sich wohl hinreichend die merkwürdige Temperaturdifferenz, welche man nach kalten Nächten zwischen beiden Lagen findet.

Allein es ist mir häufig ein anderer Umstand aufgefallen, der ebenfalls bedeutend diese Temperaturdifferenz hervorzubringen geeignet ist. In der Ebene herrscht, selbst bei Windstille, eine wenn auch wenig merkliche Luftströmung, die jedenfalls dazu beiträgt, die durch die Ausstrahlung bewirkte Temperaturdifferenz zwischen Boden und Luft auszugleichen; diese Luftströmung fehlt in eingeschlossenen Thälern gänzlich und da schon durch die Bodenausstrahlung die kältere Luftschicht sich immer unten befindet, so ist eine absolute Ruhe der Luftmasse im Thalkessel möglich, wie sie in der Ebene wohl selten stattfindet.

Wie grofs aber der Einflufs eines geringen Luftzuges auf die Ausgleichung der durch die nächtliche Ausstrahlung hervorgebrachten Temperaturunterschiede ist, dies ist na-

mentlich in Gegenden, welche Wein bauen, bekannt genug, indem man dort den richtigen Grundsatz hat, dafs Nachtfröste keinen Schaden thun, sobald der geringste Wind aufkommt.

Weesenstein bei Dresden, November 1862.

VII. *Ueber Grundeis-Bildung;* von Dr. Berger,

Lehrer an der Selectenschule in Frankfurt a. M.

Bekanntlich ist die Grundeis-Bildung noch nicht zu voller Befriedigung erklärt. Je nachdem eine oder die andere Beobachtung sich einer oder der andern Ansicht günstig erweist, entscheidet man sich für die Theorie von Mac-Keever [1]) wonach die am Boden befindlichen Körper durch Wärmeausstrahlung unter die Temperatur des umgebenden Wassers erkalten und dieses so zum Erstarren bringen, oder für die von Horner [2]) und Arago [3]), nach welcher die Krystallisation des Wassers von 0° durch rauhe Stellen und eckige Beschaffenheit des Bodens befördert wird, oder endlich für die von Gay-Lussac [4]), nach welcher das Grundeis dadurch als solches entsteht, dafs kleine Eistheilchen an der Oberfläche des Wassers, durch Strahlung oder durch Berührung mit der Luft abgekühlt und vom Strome nach unten gerissen, an den Boden anhängen, indem sie das dazwischen befindliche Wasser durch die mitgebrachte Kälte gefrieren machen.

Nach Arago [5]) wird die erste dieser drei Theorien unrettbar dadurch über den Haufen geworfen, dafs noch Nie-

1) *Annuaire pour l'an* 1833, *p.* 260; Pogg. Ann. Bd. 28 S. 217 ff.
2) Gehler's phys. Wörterb. Bd. 3 S. 127 u. f.
3) *Annuaire p. l'an* 1833 *p.* 264.
4) *Ann. d. chim. et d. phys. Sér.* 2. *T.* 53; Pogg. Ann. Bd. 43 S. 527.
5) *Annuaire p. l'an* 1833 *p.* 264.

mand Grundeis in einem stillstehenden Wasser beobachtet hat. Aufserdem wird noch gegen dieselbe eingewendet, dafs das Wärmedurchlassungsvermögen der über dem Boden befindlichen Wassermasse zu gering sey, dafs ferner den Steinen die durch Strahlung etwa verloren gegangene Wärme wieder aus dem Innern der Erde zugeleitet werde.

Gegen Horner's und Arago's Theorie hat Gay-Lussac eingewendet, dafs gesättigte Salzlösungen und auf 0° erkaltetes Wasser nur an plötzlich hineingebrachten Körpern leichter krystallisiren, und Maschke [1]): es sey kein Grund abzusehen, warum auf diese Weise nicht das ganze Wasser zufriere, sobald der Vorgang einmal eingeleitet sey. Auch hat letzterer dieselbe durch einen directen Versuch zu widerlegen gesucht [2]).

Derselbe Versuch läfst sich aber, wie mir scheint, in einer etwas anderen Weise ausgeführt, zur Prüfung beider Theorien, der M.-Keever'schen sowohl, als der Horner-Arago'schen, anwenden. Bringt man nämlich sehr gut strahlende und möglichst rauhe Körper unter Wasser von 0° und versetzt sie in die Lage kräftig Wärme ausstrahlen zu können, so mufs der Erfolg für die eine oder die andere oder gegen beide entscheiden. Ich habe nun in ein schiefwandiges Blechgefäfs — es war 9 Zoll hoch, der untere Durchmesser mafs 1, der obere 2 Fufs — 8 Zoll hoch Wasser gebracht. Am Boden desselben befanden sich zwei mit Lampenrufs geschwärzte flache Porzellanschalen — der Rufs der einen war mit dem Finger verstrichen und wurde von dem Wasser benetzt, der auf der anderen nicht — ferner Glasscherben, Papierschnitzel, möglichst rauhe spitzige Steine, ein rauhes Zinkblech, dunkelfarbiger Sand; die best strahlenden dieser Körper befanden sich in der Mitte des Gefäfses. Dieses schwamm in einem zweiten Gefäfs, welches Wasser und Eis enthielt. Der Inhalt des ersteren erkaltete bald bis zu 0° und blieb, wie ein öfter hineingetauchtes Thermometer zeigte, fortwährend und

1) Pogg. Ann. Bd. 95 S. 244.
2) Pogg. Ann. Bd. 95 S. 243.

in allen seinen Theilen auf dieser Temperatur. Das Ganze stand im Freien. Der Himmel war vollkommen heiter und sternhell, die Atmosphäre äufserst ruhig, und ihre Temperatur variirte zwischen —6 und —11° R. In Zwischenräumen von je einer halben, einigemal auch von einer ganzen Stunde, wurde die auf der Oberfläche entstandene Eisdecke so weggenommen, dafs dadurch das Gefäfs möglichst wenig erschüttert und die Strahlung möglichst wenig behindert wurde. Es bildete sich kein Eis an den am Boden befindlichen Körpern, weder an den gut strahlenden, noch an den rauhen, für welche letztere also der Erfolg mit dem Maschke's übereinstimmt. Auch konnte dadurch keine Krystallisation bewirkt werden, dafs die Körper herausgenommen und wieder eingetaucht wurden. Es kann aufserdem, wie sich weiter unten zeigen wird, Grundeisbildung stattfinden, ohne dafs den Bedingungen, welche beide Theorien stellen, Genüge geleistet wird, und es kann weder die eine noch die andere diese Erscheinung erklären.

Gegen die Gay-Lussac'sche Erklärungsweise hat man angeführt [1]), dafs Eistheilchen unmöglich bis zur Tiefe von 6 Fufs hinabgerissen werden können, bis zu welcher Tiefe man jedoch Grundeis gesehen hat. Bedenkt man aber, dafs auch Wasser von 0° hinabgerissen wird, trotzdem dafs es leichter ist als das unten befindliche von 4°, so wird man die Unwahrscheinlichkeit so sehr grofs nicht finden. Da sie dem rasch nachströmenden und auf sie drückenden Wasser eine gröfsere Fläche darbieten, so wird dadurch die Wahrscheinlichkeit nicht geringer [2]), sondern gröfser. Dafs übrigens solche Eistheilchen wenigstens bis zur Tiefe von 3 Fufs hinab gerissen werden können, beweist folgender Versuch. In einem Zuber befand sich, bei einer Temperatur der Atmosphäre von —8 bis —16° R., Wasser bis zur Höhe von 3 Fufs. An den Innenwänden waren hie und da schmale rauhe Borde, die bis zum Boden reichten, angebracht. In der Mitte war eine Spindel eingelassen, an

1) Pogg. Ann. Bd. 43 S. 529.
2) Pogg. Ann. Bd. 43 S. 530.

deren unterem Ende sich eine ebenfalls schmale und rauhe Schaufel befand. Diese Spindel wurde rasch gedreht. An der Oberfläche entstanden lockere Eismassen. Nach kurzer Zeit hing ein Theil derselben locker an Schaufel und Borden an. Dafs aber eben solche Eismassen in Flüssen wirklich hinab gerissen werden, an den Steinen des Bodens anstreifen und so ganz oder theilweise hängen bleiben, ist durch die Beobachtungen des Aarauer naturwissenschaftlichen Vereins [1]) unwiderleglich nachgewiesen.

Eine andere Frage ist die: wie entsteht das Eis auf der Oberfläche bewegten Wassers? Darüber dürfte folgender einfache Versuch Aufschlufs geben. Aus einem in der Höhe stehenden Gefäfse liefs ich, bei einer Temperatur von —6 bis —16° R., Wasser in ein einige Fufs tiefer stehendes laufen. Die Oeffnung, aus der es lief, war durch sehr feine Drahtnetze so vergittert, dafs in den Maschen der dieser Oeffnung nächsten keine Eisnadeln mehr sichtbar wurden, und man also sicher seyn konnte, dafs auch keine mehr aus der Oeffnung ausflossen, wenngleich durch Eingiefsen von neuem Wasser beständig eine grofse Anzahl solcher Nadeln hinabgerissen wurde. Das herablaufende Wasser schäumte sehr stark; unter dem Schaum bildeten sich regelmäfsig solche lockere Eismassen, wie sie viele Beobachter der Grundeisbildung beschreiben. Wenn man sie abschäumte und das Wasser aus dem Löffel herablaufen liefs, so bildeten sich dadurch wieder Schaumblasen und unter diesen augenblicklich dieses Eis. Auf dieselbe Weise war auch das Eis bei obigem Versuche mit der Spindel entstanden. Diese Schaumblasen wären demnach wohl als die erste Ursache der Eisbildung in bewegtem Wasser zu betrachten.

Wenn nun die Eisbildung in bewegtem Wasser und das Sichtbarwerden von Eisschollen, besonders an der der Strömung zugekehrten Seite von Steinen usw., sich auf diese Weise erklärt; so haben aber Mohr [2]) und Maschke [3])

1) Th. Zschokke, Das Grundeis auf der Aare, S. 3, 5 u. f.
2) Pogg Ann. Bd. 43 S 528.
3) Pogg. Ann. Bd. 95 S. 243.

vor der Bildung des Grundeises keine Eiskrystalle auf der Oberfläche beobachten können. Es sind ferner manche Thatsachen bekannt, die sich dieser Erklärung schlechterdings nicht fügen; wie z. B. der Erfolg des Versuchs von Strehlke [1]). Einen von Hugi [2]) zuerst angestellten und von Arago so sehr zur Wiederholung empfohlenen Versuch habe ich in folgender Weise ausgeführt: Zwei in jeder Beziehung möglichst gleiche Sauerwasserkrüge mit möglichst glattem Boden wurden von oben bis etwa in die Hälfte mit rauhen Stricken so umwickelt, dafs sie möglichs viele Unebenheiten darboten. Der eine derselben wurde mit kochendem, der andere mit kaltem Wasser gefüllt und beide etwa $1\frac{1}{2}$ Fufs tief in die Wieseck bei Gieſsen hinabgelassen. Diese war durch das nach starker Kälte plötzlich eingetretene Thauwetter hoch angeschwollen; das Wasser, in welchem das Thermometer allenthalben 0° zeigte, strömte sehr rasch, war sehr schmutzig und führte auf seiner Oberfläche ebenfalls schmutzige lockere Eisschollen. Die Nachmittagssonne schien warm, der Himmel war vollkommen heiter. Nach 35 Minuten wurden die Krüge hervorgezogen. An den Stricken, mit welchen beide Krüge umwickelt waren, hatte sich Eis locker angesetzt, das offenbar von der Beschaffenheit der oben schwimmenden Schollen war. An den Böden aber sah man Eisplättchen, ganz so beschaffen wie sie Strehlke [3]), Maschke [4]) und Zschokke [5]) beschrieben, und zwar an dem des heifsen Kruges bedeutend mehr als an dem des kalten. Sie waren leicht aufgefroren. Auch an der Rückseite der Stricke, an welchen die Krüge gehangen, hatte sich mehrmals solches Eis angesetzt. Als der Versuch bei niedrigerem Wasserstande und weniger rascher Strömung wiederholt wurde, war keine Eisbildung mehr zu bemerken.

1) Pogg. Ann. Bd. 28 S. 224.
2) *Annuaire p. l'an* 1833, *p.* 267.
3) Pogg. Ann Bd. 28 S. 224.
4) Pogg Ann. Bd. 95 S. 241.
5) Zschokke S. 2.

Sehen wir vorerst von der Wirkung der Temperaturdifferenz ab, so konnte dieſs Eis nach keiner der drei Theorien entstanden seyn; nicht durch Wärmestrahlung, denn die Sonne schien warm; nicht durch das Vorhandenseyn rauher Körper, denn die Böden waren beide glatt, und es hätte sich eher an den bedeutenden Unebenheiten der Stricke bilden müssen, welche um die Krüge gewickelt waren; nicht nach Gay-Lussac's Theorie, denn es hatte nicht die geringste Aehnlichkeit mit dem oben schwimmenden Eis; aufserdem hatten sich diese Plättchen so der Form des Kruges angeschmiegt, dafs sie nicht leicht anders entstanden seyn konnten, als an der Stelle, wo sie sich befanden.

Wenn man einen Stab in schnell fliefsendes Wasser taucht, so sieht man dieses hinter demselben zwei Curven bilden, die einen wasserleeren Raum lassen. Unmittelbar an der Hinterseite des Stockes selbst aber legt sich eine ganz dünne Wasserschicht an. Ein in solchem auf abschüssigem Boden rasch dahinströmenden Wasser liegender Stein bewirkt, wie man sich durch Beobachtung leicht überzeugen kann, dieselbe Erscheinung, nur dafs der leere Raum auch von oben her geschlossen ist. Dieser leere Raum mufs sich augenblicklich mit Dampf füllen, welcher seine latente Wärme aus dem umgebenden Wasser aufnimmt. Hat dieses Wasser 0°, so mufs es gefrieren, und es mufs sich eine dünne Eisschicht an der Rückseite des Steines bilden. Wohl mögen sich auch an den Wänden der Wassercurven solche Plättchen abscheiden. Da der Dampf durch das Wasser mechanisch fortgerissen wird, so wird die Eisbildung so lange fortdauern, als die Temperatur des Wassers niedrig genug — 0° — ist.

Vor den Steinen sieht man in schnell fliefsendem Wasser oft Blasen aufsteigen, welche auf dieselbe Weise das Entstehen eben solcher Eisplättchen veranlassen müssen.

Je tiefer das Wasser ist, desto weniger leicht werden die zu dieser Bildung nöthigen Bedingungen erfüllt. In ei-

ner gewissen Tiefe mufs sie für eine gewisse Abschüssigkeit des Bodens und Stärke der Strömung ganz aufhören.

Die so entstandenen Eisplättchen werden sich nun wohl nicht an dem Orte ihrer Entstehung anhäufen, sondern von der Strömung los- und dann fortgerissen werden, oder in die Höhe steigen. Im ersteren Falle werden sie an anderen Steinen, denen sie etwa begegnen, hängen bleiben, wenn deren Oberfläche dazu geeignet ist. Im letzteren Falle werden sie während ihres Aufsteigens oder an der Oberfläche durch die Bewegung des Wassers theilweise zu jenen Schollen sich vereinen, die dann ihrerseits wieder gleiches Schicksal mit den an der Oberfläche selbst gebildeten haben können.

Ich erlaube mir, nun noch einige Worte über den Einfluſs der Temperaturdifferenz der beiden Krüge, obschon ich die folgende Erklärung noch weniger als die vorhergehende als vollständig und gegen Einwände sicher bezeichnen möchte. In dem leeren Raume hinter dem heifsen Kruge bildet sich rasch eine grofse Menge heifsen Dampfes, die nicht allein, wie hinter dem kalten Kruge, mechanisch fortgerissen, sondern auch schnell an dem kalten Wasser condensirt wird. Dadurch wird die Verdampfung beschleunigt [1]). Diese Beschleunigung währt fort, bis der Krug auf 0° erkaltet ist, was jedenfalls rasch geschieht. In diesem Augenblicke mufs das an ihm befindliche Wasser gefrieren, während am kalten Kruge, wo dieser begünstigende Umstand fehlt, diefs um so eher verhindert werden kann, als der leere Raum nicht immer an derselben Stelle bleibt, vielmehr eine Stelle, die eben frei war, im folgenden Augenblicke bei der Unregelmäfsigkeit der Bewegung mit Wasser bedeckt seyn kann, und umgekehrt.

Das hier Gegebene der Hauptsache nach kurz zusammenzufassen, wären also zwei Arten von Grundeis zu unterscheiden:

1) Es mag hier daran erinnert werden, dafs z. B. in der Eishöhle la Baume bei Besançon sich um so mehr Eis bildet, je wärmer der Sommer ist.

1) solches, welches an der Oberfläche des Wassers — unter den durch Bewegung entstandenen Schaumblasen — sich bildet und von der Strömung hinabgerissen wird;
2) solche Plättchen, welche wasserleeren Räumen hinter oder vor in rasch bewegtem Wasser befindlichen Gegenständen ihre Entstehung verdanken.

VIII. *Ueber die Erzeugung von Tönen durch Wärme; von J. Schneider in Düsseldorf.*

Aufser den gewöhnlichen bei dem Trevelyan-Versuche auftretenden Tönen habe ich in einer früheren Abhandlung [1]) einiger eigenthümlichen Töne Erwähnung gethan, die bis dahin einer Berücksichtigung entgangen waren, die sich aber von den Trevelyan'schen Tönen in mehren Beziehungen wesentlich unterscheiden. Ich habe diesen Tönen später eine weitere Untersuchung gewidmet und gebe hier kurz die Resultate.

Bekanntlich gilt für die Entstehung der Trevelyan'schen Töne die Bedingung, dafs die Berührung zwischen dem heifsen und dem kalten Körper abwechselnd in zwei verschiedenen Punkten geschieht, während dagegen bei den Tönen, von welchen die nachstehenden Versuche handeln, die beiden Körper sich stets nur an ein und derselben Stelle berühren. Zur Hervorrufung beider Arten von Tönen bediente ich mich zunächst eines aus einem 2,5 Linien dicken runden Kupferstabe verfertigten Ringes von 3 Zoll Durchmesser, den ich an der Innenseite auf den convexen Theil eines Bleiblockes senkrecht aufhing. Der Ring geräth nach

1) Ueber die bei gegenseitiger Berührung von Körpern ungleicher Temperatur entstehenden Tonschwingungen (Programm des K. Gymnasiums zu Düsseldorf. 1860).

der Erhitzung, wenn man ihn seitwärts aus dem Gleichgewichte bringt, in Schwingungen von grofsen Amplituden, ohne zu tönen; hat er aber zwei getrennte Berührungsstellen mit dem Blei, so fängt er auch, nach Art des Trevelyaninstrumentes, zu tönen an; alsbald aber vernimmt man, bei fortschreitender Erhitzung, einen ganz fremdartigen, hohen und meist schrillenden Ton, wobei die vorigen Töne zeitweise gehemmt werden und der Ring nicht mehr zwischen zwei Berührungspunkten oscillirt, sondern unverrückt an derselben Stelle mit der Unterlage im Contact bleibt; hört der zweite Ton, was nach kurzer Zeit öfters geschieht, auf, so beginnen die gewöhnlichen Töne von Neuem, und man nimmt wiederum die zwischen zwei Berührungsstellen statthabenden Oscillationen wahr. Auch wenn der Ring in weiten Schwingungen sich bewegte, ohne zu tönen, wurden diese Schwingungen beim Eintreten der neuen Töne augenblicklich sehr klein und hörten oft ganz auf, traten aber wieder ein, sowie jene Töne schwiegen. Sind die letzteren anhaltend und energisch, so bemerkt man zuweilen, dafs sich der Ring um seine verticale Axe langsam zu drehen beginnt, ohne aber die Berührungsstelle zu verändern [1]).

Um diese Töne leichter rein zu erhalten habe ich mich mit Vortheil verschiedener 9 Zoll langer und 3 Linien dikker runder Metallstangen bedient. Legt man eine solche Stange von Kupfer horizontal und quer auf einen oben convexen Bleiblock, so dafs die Stange nur in einem Punkte aufliegt, so entstehen nach der Erhitzung alsbald die schrillenden Töne, wobei sich zuweilen die Stange, wie oben der Ring, um den Aufliegepunkt, bald nach der einen, bald wieder zurückkehrend nach der anderen Seite, horizontal herumbewegt. Hat die Stange an dem einen Ende eine geringe Neigung nach unten, so senkt sie sich während des Tönens immer mehr nach dieser Seite, bis sie ganz aus dem Gleichgewichte kommt. Auch gleitet dieselbe, wenn

1) Die Töne treten auch öfters ein, wenn man den Ring horizontal auf *den Bleiblock legt.*

man sie an dem einen Ende höher als die Aufliegestelle unterstützt, allmählig während des Tönens nach der tieferen Stelle hinab, bis sie zuletzt von der Unterlage herabsinkt. Giebt man dem Stabe, wenn er frei aufliegt, einen senkrechten Anstofs, so wippt er, nach Art des Trevelyaninstrumentes, auf und ab, wodurch die schrillenden Töne gestört, oder ganz gehemmt werden. Hat man den Stab seitwärts aus dem Gleichgewichte gebracht, so giebt er die gewöhnlichen Töne, welche die neuen Töne alsbald verdrängen, und man sieht auch hier wie oben bei dem Ringe, dafs sich beide Arten von Tönen gegenseitig auszuschliefsen suchen. Um die Töne ganz rein und musikalisch zu erhalten, legt man am besten den Stab horizontal etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll von dem einen Ende auf das vorher sorgfältig geglättete Blei und unterstützt ihn etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll von dem anderen Ende in gleicher Höhe; tritt nicht von selbst ein reiner Ton hervor, so kann man durch leise Berührung des Stabes zwischen den beiden Unterstützungspunkten den Ton nicht blofs rein stimmen, sondern auch durch vermehrten oder verminderten Druck nach Höhe und Tiefe reguliren.

Bei den Trevelyanversuchen kann man bekanntlich den Wackler über den Berührungsstellen bedeutend belasten, ohne den Ton zu hemmen, ja häufig wird die Stärke durch einen oberhalb der Berührungsstelle ausgeübten Druck vermehrt; die neuen Töne aber hören bei einer leichten Belastung oder geringem Drucke über dem Berührungspunkte sogleich auf. Ueberzieht man die Unterlage mit einer Oelschicht, so treten die gewöhnlichen Töne zwar nicht so leicht als bei reinen Metallflächen, aber doch immer ohne Schwierigkeit ein; dagegen ist es mir noch nicht gelungen, unter diesen Umständen die neuen Töne hervorzubringen. Diese Töne entstehen ebenso, wie ich es früher für die Trevelyan'schen aus zahlreichen Versuchen geschlossen, immer nur nach erfolgtem äufserem Impulse, und zwar, indem man das aufliegende Metall durch einen leisen Schlag erschüttert; oft ist die geringste solche Erschütterung, auch wenn sie nur mittelbar geschieht, hinreichend, den Ton her-

vorzubringen, oder zu hemmen, oder auch zu verändern. Hat man einen reinen Ton erhalten und man hemmt denselben, so tritt, wenn man die Stange sogleich wieder anschlägt, auch derselbe Ton wieder ein; läfst man aber den Ton fortdauern, so bleibt er nicht lange unverändert, sondern wird, sowie die Abkühlung fortschreitet, nach und nach immer höher, bis er gänzlich aufhört. Bei wachsender Erhitzung gewahrt man das Bestreben, in tiefere Töne überzugehen, was jedoch nicht so leicht wie bei dem Trevelyaninstrumente geschieht, vielmehr wird der Ton nicht selten durch die vermehrte Temperaturdifferenz gehemmt; schlägt man aber das erhitzte Metall bei fortschreitender Erwärmung von Zeit zu Zeit an, so erfolgen stets auch immer tiefere Töne. Die Töne springen aber auch sehr häufig ganz von selbst auf und ab, und zwar um so mehr, je unebener die sich berührenden Metallflächen sind, was bei dem Trevelyaninstrumente, wie ich früher nachgewiesen, ohne äufsere Veranlassung niemals geschieht. Hat man beide Arten von Tönen zugleich erhalten, so sucht derjenige von ihnen, für welchen die Bedingungen am günstigsten sind, den anderen stets zu verdrängen, so dafs zuletzt nur noch einer übrig bleibt; zuweilen gelingt es auch beide, obschon nur auf kürzere Zeit, gleichzeitig zu erhalten. Bekannt ist der bedeutende Einfluſs, den bei dem Trevelyaninstrumente die damit in Verbindung stehenden Körper auf den Ton ausüben: die neuen Töne dagegen werden nur wenig durch die Resonanz verstärkt und sind von der Umgebung bei Weitem unabhängiger; auch ist im Allgemeinen zu ihrer Erzeugung eine gröfsere Temperaturdifferenz erforderlich; es sind stets hohe Töne von eigenthümlichem Klange, wenn sie rein sind, und sie werden um so reiner, je weniger Rauhigkeit die sich berührenden Metallflächen haben.

Aufser mit den angeführten Metallen — Kupfer und Blei — habe ich die Töne erhalten mit einer heifsen Kupferstange auf einer kalten Messingstange, und ebenso mit einer heifsen Messingstange auf einer kalten Kupferstange;

ferner mit kaltem Blei auf heifsem Messing, heifsem Eisen auf Blei, und endlich mit Kupfer und Messing auf Zink und Zinn.

Da man sich in allen Fällen bei den angeführten Versuchen leicht überzeugen kann, *dafs die ungleich warmen Metalle sich immer nur an ein und derselben Stelle berühren*; so können die Töne nicht, wie bei dem Trevelyaninstrumente, durch die nach Art der Pendelschwingungen zwischen zwei getrennten Punkten statthabenden Oscillationen hervorgerufen werden, und es kann daher die bekannte Faraday'sche Theorie, welche alle Erscheinungen des Trevelyanversuches ganz genügend erklärt, auf die in Rede stehenden Töne keine Anwendung finden; diese werden vielmehr als ein neues Phänomen von jenen um so mehr sorgfältig zu trennen seyn, als es stets Physiker gegeben hat und noch giebt, welche bei dem Trevelyan'schen Phänomen an eine dabei wirksame *Abstofsungskraft* gedacht haben, und daher die vorliegende Erscheinung, welche sich der Faraday'schen Erklärung ganz entzieht, leicht als einen neuen Einwand gegen die Richtigkeit der letzteren anzusehen geneigt seyn dürften [1]). Indem ich daher beide Phänomene zwar von einander trenne, halte ich doch für die in Rede stehenden Töne die Annahme einer dabei wirkamen abstofsenden Kraft für ebenso unzulässig, wie bei den Trevelyan'schen Tönen, und sehe vielmehr als gemeinschaftlichen Grund Beider *die Ausdehnung der Körper durch die Wärme* an, jedoch so, dafs die neuen Töne, bei rasch aufeinanderfolgenden Ausdehnungen und Zusammenziehungen der Metalle, hauptsächlich in *horizontaler* Richtung, erfolgen, während bei den anderen vorzüglich die *verticale* Ausdehnung und Zusammenziehung die andaurenden Oscillationen hervorbringt.

1) Mehrere der noch bestandenen Einwände gegen die Faraday'sche Erklärung habe ich in der angeführten Abhandlung auf experimentellem Wege zu erledigen gesucht.

Die vorstehenden Versuche, denen ich eine weitere Ausführung zu geben im Begriffe bin, mögen vorläufig genügen, die Aufmerksamkeit auf eine Erscheinung zu lenken, die an theoretischer Bedeutung gewinnt, seit sich — durch die neuerliche Entdeckung der innerhalb des Schliefsungsbogens der galvanischen Kette erfolgenden Vibrationen — über die Frage, ob in allen vorkommenden Fällen blofs *die ausdehnende Kraft* der Wärme, oder etwa eine wirkliche *Abstofsungskraft* das wirksame Agens sey, die Meinungen der Physiker sehr getheilt haben.

IX. *Ueber die Zusammensetzung eines fossilen Eies; von H. Rose.*

Hr. Borchardt, königl. Bau-Inspector in Swinemünde hatte meinem Bruder bei seinem Aufenthalte daselbst eine salzartige Masse von der Form eines grofsen Vogelei's übergeben, welche derselbe von einem Schiffscapitain erhalten, der es von den Chincha Inseln bei Peru mitgebracht hatte, wo es im Guano 40 Fufs unter der Oberfläche des Bodens gefunden worden war.

Das Ei ist von der Gröfse eines grofsen Gänseeies; es hat ein Gewicht von 252 Grm.; der Längendurchmesser beträgt 80 Millimeter, der kürzere Durchmesser 58 Millimeter. Um die innere Textur beurtheilen zu können wurde es durchgesägt, die Masse ist durchweg krystallinisch, stellenweis von weifser und von schwach bräunlicher Farbe, und hat fast Seidenglanz der aber durch längeres Liegen an der Luft sich verliert. Nur an einer Stelle findet sich eine braunschwarze Masse von erdigem Bruche in geringer Menge.

Die salzartige Masse des Vogeleies ist eine der merkwürdigsten Pseudomorphosen. Sie enthält fast nichts von den unorganischen Bestandtheilen, die man in den Vogeleiern findet und besteht fast nur aus schwefelsaurem Kali, verbunden mit schwefelsaurem Ammoniak, und zwar nach einer Untersuchung von Hrn. Finkener im Hundert aus:

Schwefelsaurem Kali	70,59
Schwefelsaurem Ammoniumoxyd	26,55
Chlorammonium	1,25
Chlornatrium	0,65
	99,04.

Das Fehlende besteht gröfstentheils aus organischer Substanz, deren Menge also auffallend gering ist.

Es sind in der Masse 2 Atome des schwefelsauren Kalis mit einem Atom schwefelsauren Ammoniak verbunden. Um die merkwürdige Substanz so viel wie möglich unverletzt zu erhalten, durfte nur eine sehr geringe Menge zur Untersuchung angewandt werden.

Von den ursprünglichen Bestandtheilen in den Vogeleiern, namentlich von der Kalkerde (die aufser in der Schale besonders im Eigelb und weniger im Eiweifs enthalten ist), von der Phosphorsäure, (die in so grofser Menge aus dem Eigelb, in weit geringerer Menge aus dem Eiweifs abgeschieden werden kann), von dem Chlornatrium (das namentlich im Eiweifs in grofser Menge vorkommt) findet sich entweder nichts oder nur Spuren in dem metamorphosirten Ei. Der ganze Inhalt des Eies ist also entleert worden, und die an seine Stelle getretene salzartige Masse kann nicht aus den Bestandtheilen des Eies sich erzeugt haben.

Von der Schale des metamorphosirten Eies finden sich einige deutliche Ueberbleibsel noch vor. Aber auch diese ist gänzlich verändert worden. Eine äufserst kleine Menge davon gab bei einer Untersuchung nur 0,91 Proc. Kohlensäure; ferner 0,45 Kieselsäure 2,07 organische Substanz,

2,33 Kali 0,84 Chlor, 0,34 Kalkerde und 77,82 phosphorsaure Kalkerde ($Ca^3\ddot{\ddot{P}}$). Das Fehlende bestand in Wasser. Es ergiebt sich hieraus, dafs die gröfste Menge der kohlensauren Kalkerde der Schale in phosphorsaure Kalkerde umgewandelt worden ist.

In der salzartigen Masse des Eies findet sich, wie schon oben angeführt, an einer Stelle eine schwarze Masse in geringer Menge. Dieselbe besteht aus einer sehr wenig stickstoffhaltenden Huminsubstanz. Sie löst sich in einer Lösung von Kalihydrat, die Lösung hat eine schwarzbraune Farbe; durch Uebersättigung mit Chlorwasserstoffsäure wird die Huminsubstanz als braune Flocken wieder ausgeschieden.

X. *Ueber ein einfaches Verfahren, mikroskopische Ansichten photographisch aufzunehmen;*

von Hermann Vogel.

Jeder Naturforscher weifs wie mühsam und zeitraubend das Nachzeichnen der mittelst des Mikroskops beobachteten vergröfserten Bilder verschiedener Objecte ist und wie sehr solche Copien oft vom Originale abweichen.

Diese Umstände haben schon seit längerer Zeit Männer wie Bertsch in Paris, Highley in London, Fierländer in Deutschland u. A. veranlafst, die Photographie zur Aufnahme mikroskopischer Ansichten anzuwenden und es ist diesen auch gelungen, treffliche »Mikrophotographien« anzufertigen.

Das Verfahren, dessen sich diese Herren bedienen, ist jedoch nur zum Theil bekannt geworden. Bertsch und Highley benutzten dazu eine Art Sonnenmikroskop, bei dem der *Bildschirm* durch eine photographische Platte ver-

tauscht werden kann. Sie hatten Apparate der Art auf der letzten Industrieausstellung zu London ausgestellt. Der Preis derselben war etwa 500 Thlr. So ausgezeichnet diese Apparate aber auch arbeiten, so ist doch ihr Gebrauch mit manchen Unbequemlichkeiten verbunden. Man ist genöthigt, das in dem Beobachtungsinstrument betrachtete Object in den photographischen Apparat zu transportiren, und hierbei hält es oft sehr schwer, die vorher beobachtete Stelle des Objectes wieder aufzufinden.

Ich versuchte deshalb, ob es nicht möglich sey den erwähnten kostspieligen Apparat ganz zu entbehren und die Bilder, die das Beobachtungsinstrument zeigt, unmittelbar aufzunehmen. Ich nahm den von mir aus England mitgebrachten, seines Asterismus wegen so merkwürdigen Glimmer von South Burgefs, spannte ihn in ein Schick'sches Mikroskop und legte dieses horizontal. In dieser Stellung combinirte ich dasselbe mit einer kleinen photographischen Camera mit einer simplen achromatischen Linse (sogenannten Landschaftslinse) von circa 4" Brennweite, so dafs die optischen Axen beider Instrumente zusammenfielen und das Objectiv der Camera das Ocular des Mikroskops fast berührte. Als ich nun mit Hülfe des am Mikroskop angebrachten Hohlspiegels Sonnenstrahlen auf das Object warf, sah ich auf der circa 8" weit ausgezogenen matten Scheibe der Camera ein deutliches Bild der im Glimmer enthaltenen Krystalle. Mit Hülfe des Triebes am Mikroskop wurde dasselbe scharf eingestellt, dann die photographische Aufnahme vorgenommen. Der Versuch glückte vollständig. Ich erhielt nach 25 Sekunden Exposition ein scharfes 500fach vergrößsertes Bild der beobachteten Krystalle, deren genauere Betrachtung mich auf die Vermuthung brachte, dafs dieselben Cyanit seyen, eine Ansicht, der Hr. Prof. G. Rose beistimmte [1]).

1) Hr. Prof. G. Rose hat diesen Glimmer genauer beschrieben und eine Zeichnung beigefügt, die nach meiner Photographie angefertigt ist. (Siehe die folgende Abhandlung).

Diese Methode, Mikrophotographien anzufertigen, ist so einfach, dafs sie Jeder anwenden kann, der mit den photographischen Operationen einigermafsen vertraut ist; sie macht keinen andern Apparat nöthig als eine einfache Camera mit einer Landschaftslinse; sie läfst sich jedem Mikroskope, was lichtstark genug ist, anpassen und liefert, je nachdem man die Visirscheibe der Camera mehr oder weniger weit auszieht, Ansichten, die den direct beobachteten gleich, oder auch kleiner oder gröfser als diese sind.

Auf den so erhaltenen Bildern kann man leicht die Winkel der mikroskopischen Krystalle messen, einfach durch Verlängerung der Schenkel und Anlegung eines Transporteurs. Das photographische Negativ kann beliebig auf- und abgezogen werden, wodurch die Arbeit des Lithographen (behufs der Vervielfältigung für Zeitschriften) entbehrlich gemacht werden kann. In England habe ich bereits Bücher mit solchen photographischen Illustrationen gesehen.

Zwei Vorsichtsmaafsregeln hat man noch bei solchen Aufnahmen zu beachten: die Linse der Camera mufs frei von Focaldifferenz (Unterschied des optischen chemischen Brennpunkts) seyn und die Aufnahme in einem Raume erfolgen, der nicht der geringsten Erschütterung ausgesetzt ist.

Man kann auch die Aufnahme bei senkrechter Stellung des Mikroskops vornehmen, wenn man die Camera auf einen passenden Dreifufs setzt, so dafs ihre optische Axe ebenfalls senkrecht steht.

Ebenso gut, wie mit einem Mikroskop, kann auch die Camera mit einem Teleskop combinirt werden; das Aufnehmen teleskopischer Objecte ist jedoch schwieriger.

Möglich ist es, dafs diese einfache Methode photographische Ansichten aufzunehmen, schon von Andern angewendet worden ist. Ich kann aber nirgends eine speciellere Angabe darüber finden und deshalb erlaube ich mir hiermit, meine Erfahrungen über diesen Gegenstand im Interesse aller Naturforscher zu veröffentlichen.

Den Hrn. Naturforschern Berlins empfehle ich zu die-

sen Aufnahmen den Photographen Hrn. Günther Werderschen Markt No. 6.

Weitere Mittheilungen über diesen Gegenstand, die Aufnahme undurchsichtiger Körper, Anwendung von künstlichem Licht u. A. betreffend, behalte ich mir vor.

Berlin im November 1862.

XI. *Ueber den Asterismus der Krystalle, insbesondere des Glimmers und des Meteoreisens; von Gustav Rose.*

(Auszug aus den Monatsber. d. k. Akad. d. Wiss. Oct. 1862.)

Hr. H. Vogel, Assistent beim mineralogischen Museum der Universität, hat auf seiner letzten Reise in London eine grofse, ziemlich wasserhelle, papierdicke Glimmerplatte von South Burgefs in Canada erhalten, an welcher er einen überaus schönen Asterismus beobachtet hatte. Wenn man durch dieselbe die Flamme eines Lichtes betrachtet, so gewahrt man einen grofsen hellen sechsstrahligen Stern, dessen Mittelpunkt die Lichtflamme ist, und zwischen dessen Strahlen noch sechs kleinere und schwächere sichtbar sind. Ein ähnlicher Stern zeigt sich auch durch Reflexion, doch ist derselbe weniger grofs und hell. Man hat solchen Asterismus beim Glimmer schon angegeben, er mufs aber doch nicht häufig vorkommen; denn bei der Untersuchung der Glimmerabänderungen des mineralogischen Museums fand ich keine, die diese Erscheinung zeigte, wenigstens nicht auf eine Weise, die sich mit der beim Glimmer von South Burgefs nur irgend vergleichen liefse. Ebenso wenig konnte ihn auch Hr. Vogel bei anderen Glimmerarten von Canada, die er untersucht hatte, beobachten.

Der Glimmer von South Burgefs ist nicht vollkommen durchsichtig; schon bei Betrachtung mit der Lupe, wenn

man die Glimmerplatte gegen das Licht hält, sieht man eine Menge äufserst feiner prismatischer Krystalle in derselben liegen. Deutlich erscheinen dieselben indessen erst unter dem Mikroskop. Hr. Vogel hat von diesen Krystallen eine Photographie bei etwa 500maliger Vergröfserung gemacht, wovon Fig. 1 Taf. VIII. eine Abbildung ist. Die Krystalle sind in der Regel lang prismatisch und durch Vorherrschen zweier parallelen Seitenflächen, mit denen sie den Spaltungsflächen des Glimmers parallel liegen, breit; an den Enden sind sie mit einer geraden Endfläche versehen; unter dem Mikroskop erscheinen sie daher wie langgedehnte Rechtecke, meistentheils sind dieselben noch an den Ecken abgestumpft. Hr. Vogel fiel die Aehnlichkeit mit dem Cyanit auf, und allerdings ist dieselbe so grofs, dafs diese Ansicht von den Krystallen die gröfste Wahrscheinlichkeit für sich hat. Die Hauptflächen sind dann die gewöhnlich herrschenden Flächen des unsymmetrischen Prismas des Cyanits; die schiefe Endfläche desselben, die auf der breiten Seitenfläche gerade, oder beinahe gerade aufgesetzt ist, erscheint unter dem Mikroskop, bei der Dünnheit der Krystalle, wie eine gerade Endfläche, die Abstumpfungen der Ecken sind die Flächen von schiefen rhombischen oder rhomboïdischen Prismen. Neben diesen prismatischen Krystallen sieht man noch andere Krystalle, die offenbar anderer Art sind, sie haben die Form von ungefähr rechtwinkligen Tafeln, die an zwei gegenüberliegenden Ecken abgestumpft sind, auch von Combinationen rhombischer Tafeln, die aber zufällig alle auf der gegebenen Zeichnung nicht vorkommen. Die Krystalle liegen in der Glimmerplatte in verschiedenen Höhen [1]), haben aber meistentheils

1) Dieſs ist auch versucht in der Zeichnung wieder zu geben; es waren zwei Photographien gemacht, bei verschiedener Einstellung des Mikroskops, wodurch nun einige Krystalle in dem einen, andere in dem anderen Bilde deutlicher erscheinen; die undeutlichen Bilder der einen Platte sind nach der anderen, wo sie deutlich waren, gezeichnet, aber *zum Unterschiede von* den ersten in der Lithographie schwächer *gehalten.*

alle eine ganz bestimmte Lage, die prismatischen gehen gröfstentheils parallel den Seiten eines gleichseitigen Dreiecks, so dafs sie sich unter Winkeln von 60 und 120° schneiden; andere machen mit diesen Winkel von 150°, doch finden sich diese in viel geringerer Menge, und noch seltener sind die Krystalle, die von beiden eine etwas abweichende Richtung haben. Man sieht die Lage der vorherrschenden Krystalle noch besser, wenn man nur eine schwache Vergröfserung anwendet. Bei 24maliger Vergröfserung erscheinen sie wie in Fig. 2 Taf. VIII. Man sieht nun deutlich, dafs die Krystalle, die parallel den Seiten eines gleichseitigen Dreiecks liegen, die bei weitem vorherrschenden sind.

Es ergiebt sich aber nun sehr einfach der Grund des Asterismus des Canadischen Glimmers. Derselbe ist eine blofse Gittererscheinung, und die Strahlen des Sternes stehen rechtwinklig auf den Axen der prismatischen Krystalle, die sich unter Winkeln von 120° schneiden, gehen also vom Mittelpunkt des Sterns nach den Mitten der Seiten des gleichseitigen Dreiecks, dessen Seiten die Krystalle parallel liegen, und da auch Krystalle vorkommen, die mit den ersteren Winkel von 150° machen, so finden sich in dem Stern auch kleine Strahlen, die den Winkel von 60° der ersteren Strahlen halbiren.

Wenn aber kleine in grofser Menge in einem gröfseren Krystalle regelmäfsig eingewachsene Krystalle die Erscheinung des Asterismus bei diesem hervorbringen, so mufs sich derselbe auch bei anderen Krystallen, wo diefs der Fall ist, wie bei dem Meteoreisen finden. Ich habe in einer der früheren Sitzungen gezeigt, dafs die Individuen des Meteoreisens mit einer grofsen Menge kleiner Krystalle gemengt sind, die nach drei, den Kanten des Hexaëders parallelen Richtungen liegen, in verdünnter Salpetersäure unlöslich oder sehr schwer löslich sind, und daher beim Aetzen einer Spaltungsfläche oder einer polirten Schnittfläche, wenn *dieselbe* parallel oder ungefähr parallel einer Hexaëderfläche *geht*, hervortreten. Man sieht diese Einmengungen am be-

sten bei den Abänderungen des Meteoreisens, welche wie das Eisen von Braunau ohne schalige Zusammensetzung nur aus einem Individuum bestehen (durch ihre ganze Masse hindurch nach den Flächen des Hexaëders spaltbar sind), oder bei den grobkörnigen Abänderungen, wie bei der von Seelasgen, wo auf einem Schnitt derselben man leicht Individuen finden wird, die gegen diesen die angegebene Lage haben.

Diese Stücke müfsten nun den Asterismus zeigen, und da die kleinen prismatischen Krystalle rechtwinklig auf einander stehen, so müfste man nicht einen sechsstrahligen, sondern einen vierstrahligen Stern erhalten, und die Strahlen müfsten sich rechtwinklig kreuzen; und diefs fand sich auch vollkommen bestätigt. Da das Meteoreisen nicht durchsichtig ist, so machte ich von einer geätzten Schnittfläche des Meteoreisens von Seelasgen einen Hausenblasenabdruck, und dieser zeigte nun den vierstrahligen Stern aufs schönste [1]).

Macht man von dem Glimmer einen Hausenblasenabdruck, so sieht man durch diesen auch den sechsstrahligen Stern, aber derselbe ist viel schwächer und weniger glänzend, weil der Hausenblasenabdruck nur den Abdruck von den kleinen Krystallen enthält, die an der Oberfläche des Glimmers liegen, nicht aber zugleich auch von denen, die im Innern des Glimmers enthalten sind.

Wahrscheinlich rührt nun der Asterismus bei allen übrigen Krystallen, wo er beobachtet ist, von derselben Ursache her; überall wird er wahrscheinlich durch kleine Krystalle hervorgebracht, die in grofser Menge in einem anderen gröfseren Krystalle, durch dessen Structur ihre Lage bestimmt wird, regelmäfsig eingewachsen sind. Solche regelmäfsige Verwachsungen ganz verschiedenartiger Krystalle sind ja vielfach bekannt, beim Cyanit und Staurolith, Feldspath und Albit, Eisenglanz und Rutil usw. Dafs kleine Krystalle in einem gröfseren regelmäfsig eingewachsen seyn können, hatte u. A. Brewster beim Labrador, Scheerer

1) Man kann ihn auch bei dem Meteoreisen selbst im reflectirten Lichte sehen.

beim Oligoklas und Feldspath (Sonnenstein) gezeigt. Ich habe es nun beim Glimmer und Meteoreisen bewiesen, und die Zahl solcher Fälle wird sich sehr mehren, wenn man solche Einmengungen bei allen Krystallen, die den Asterismus zeigen, nachgewiesen haben wird.

Auf eine ähnliche Weise wie angegeben, erklärt den Asterismus der Krystalle schon Babinet [1]), der ihn beim Saphir, Granat, Beryll, Turmalin, Zirkon, Vesuvian, Cyanit und Glimmer beobachtete, nur leitet er ihn von dem »Daseyn kleiner Fasern oder Unterbrechungen des Zusammenhanges« ab, die in bestimmten Richtungen in dem Krystalle liegen; in den oben angeführten Beispielen sind es kleine Krystalle, die den Asterismus hervorbringen, was auch wahrscheinlich in allen übrigen Fällen, wo ein Asterismus beobachtet ist, der Fall seyn wird, und hierdurch erklärt sich nun auch die regelmäfsige Lagerung der kleinen Krystalle gegen den gröfseren, in welchem sie eingelagert sind.

Bei so gemengten Mineralien, wie die welche den Asterismus zeigen, scheint es fast, dafs, wenn man die Natur der feinen Einmengungen nicht kennt, man es aufgeben müfste, für die chemische Zusammensetzung dieser Mineralien einen einfachen Ausdruck zu finden. Indessen sind diese Einmengungen gewöhnlich doch nur mikroskopisch, und machen, ungeachtet der grofsen Verbreitung in dem Krystall, doch nur einen kleinen Theil der Masse desselben aus. Diefs ergiebt sich aus der Analyse des Sonnensteins von Scheerer, bei dem die Natur der Einmengung bekannt ist und aus Eisenglanz besteht. Ungeachtet des starken Schillerns dieses Sonnensteins durch den eingemengten Eisenglanz beträgt die Menge von Eisenoxyd, die die Analyse ergeben hat, doch nur 0,36 Proc. [2]), weniger als bei vielen Feldspäthen, die kein Schillern und keinen eingemengten Eisenglanz zeigen. Wahrscheinlich wird es sich so auch bei den übrigen Krystallen, die den Asterismus zei-

1) Vergl. Poggendorff's Ann. von 1837, Bd. 47 S. 125.
2) Vergl. Poggendorff's Ann. von 1845, Bd. 64 S. 155.

gen verhalten; sie können für die Analyse der Krystalle, worin sie eingemengt sind, noch unberücksichtigt bleiben, wenn ihre Bestimmung und Feststellung auch in anderer Rücksicht wichtig ist.

XII. *Meteorsteinfall bei Menow in Mecklenburg-Strelitz.*

Am 7. October d. J. Mittags zwischen 12 und 1 Uhr hat sich auf dem Felde des Erbpachtguts Menow, am Ausfluſs der Havel aus dem Zieren-See, in der Nähe von Fürstenberg in Mecklenburg-Strelitz, ein Meteorsteinfall ereignet. Vor den Augen des Schäfermeisters fiel plötzlich bei völlig heiterem Himmel ein groſser feuriger Klumpen mit solcher Gewalt aus der Luft hernieder, daſs der Sand ringsum hoch aufspritzte, und die Masse anderthalb Fuſs tief in die Erde fuhr. Der hinzulaufende Schäfer fand den Stein sehr heiſs, und groſse Hitze um sich her verbreitend. Spätere genauere Untersuchungen bestimmten sein Gewicht auf 21 Pfund, seine specifische Schwere auf 4,1 und sein Volum auf 134 Cubikzoll. Sein Aeuſseres zeigt eine unregelmäſsige Pyramidalform mit ziemlich ebener, aber etwas nach innen gebogener Grundfläche — eine Form, welche sich erzeugen würde, wenn z. B. ein Klumpen weichen Thons eine Zeit lang auf fester Grundlage geruht hätte oder mit Gewalt aus beträchtlicher Höhe niedergeworfen wäre. Die Oberfläche ist mit einer glatten, glasigen, schwarzen Kruste umgeben, das Innere dunkelaschgrau, das Gemenge feinkörnig mit zahllosen silberglänzenden Metalltheilchen (Gediegeneisen oder Nickeleisen) durchsetzt, welche von kaum sichtbarer Gröſse bis zu der eines feinen Schrotkorns vorhanden sind und vom Magnet lebhaft angezogen werden. Die *grauen Bruchflächen* färben sich, wenn sie benetzt wer-

den, in Folge des sich bildenden Eisenoxyds, braunroth. Der Stein ist Eigenthum des Besitzers von Menow, Hrn. Ritter in Alt-Strelitz. (Aus der Allgem. Zeitung vom 3. Dec. 1862.

Es mufs auffallen, in diesem Berichte nichts von einem Getöse erwähnt zu sehen, wie es doch gewöhnlich bei Meteorsteinfällen stattfindet, wenigstens dann immer, wann der Meteorit in der Luft zerspringt. Wirklich hat dasselbe denn auch bei diesem Falle nicht gefehlt. Ein im Ganzen dem obigen gleichlautender Bericht in der *Neustrelitzer Zeitung* vom 16. Nov. d. J. sagt: »Sein (des Meteorsteins) Erscheinen erfolgte, nach den verschiedenen Berichten von Ohren- und Augenzeugen, in der gewöhnlichen Begleitung dieses wunderbaren Phänomens, mit einem Geräusch, Zischen und Sausen in der Luft, unterbrochen von heftigen Detonationen, vergleichbar einer fernen Kanonade; ein Getöse, welches nicht allein an mehren Orten im Freien wahrgenommen, und als ein ungewöhnliches Ereignifs mit Ueberraschung und Bestürzung aufgefafst worden ist, sondern auch selbst im Zimmer deutlich gehört wurde.«

XIII. *Ueber subjective Licht-Erscheinungen.*

(Aus einem Briefe des Hrn. Dr. H. Aubert.)

Breslau 19. Dec. 1862.

Als ich vor einigen Monaten in Berlin war, erzählten Sie mir von den Reichenbach'schen Versuchen, über die sich, wie ich später gehört habe, ein grofser Kampf von Neuem entsponnen hat.

Inzwischen habe ich mir ein so finsteres Zimmer eingerichtet, dafs in demselben keine Spur von Licht zu bemerken ist, habe mich oft stundenlang in demselben aufgehalten, um den Gang der Accommodation für die Dunkelheit, die ich künftig kurzweg »Adaptation« nennen

werde, zu untersuchen, und habe dann auch gelegentlich Reichenbach's Angaben geprüft. Von dem, was R. in Ihren Annalen angiebt, habe ich *nichts* sehen können, würde also nach R. zu den Nichtsensitiven gehören; gleichwohl habe ich dabei Beobachtungen gemacht, die mir R.'s Angaben einigermafsen erklären. Man darf sich keineswegs vorstellen, dafs man in einem *ganz* finstern Zimmer keine Lichterscheinungen habe: die subjective Lichtempfindung ist vielmehr von einer ganz wunderbaren Intensität, so dafs ich wenigstens ununterbrochen helle Wolken, Punkte, Linien, complicirte Figuren sehe, die in einem ewigen Wechsel begriffen sind. Fahre ich mit den Händen über die Augen, so schwimme ich in einem Lichtmeere, und drücke ich einige Sekunden leise auf einen Bulbus, so wird die Helligkeit fast blendend. Ich habe nun weiter bemerkt, dafs man sehr geneigt ist, diese subjective Erscheinungen auf Objecte zu beziehen, die man von früher her kennt. Wenn ich an einem bestimmten Platze im finsteren Zimmer sitze, so glaube ich stets zu meiner Linken den Ofen zu sehen, der sich dort auch wirklich befindet. Wäre ich Fräulein X und befände mich dem registrirenden R. gegenüber, so würde ich ganz wahrheitsgemäfs aussagen: »jetzt sehe ich den Ofen.« Da dieſs nicht der Fall ist, so habe ich mich denn mitten in mein Zimmer gestellt, mich einige Male herumgedreht, und dann gewartet, bis ich den Ofen sehen werde: ich glaubte ihn nach einigen Minuten zu sehen, ging in der Richtung, in der er mir zu liegen schien, und kam an eine Wand, an der weder ein Ofen, noch ein ähnliches Object sich befand. Dasselbe ist mir mit der Wand zwischen den beiden Fenstern begegnet. Ferner glaubte ich meine Hände leuchten zu sehen, wenn ich sie rieb, ja ich glaubte eine Hand zu sehen, wenn ich sie in einiger Entfernung schnell bewegte; aber die Erscheinung war so gar nicht constant, dafs sie gewifs als ein fälschliches Beziehen einer subjectiven Lichterscheinung und einer bewufsten Bewegung auf einander betrachtet werden mufs. Ebenso habe ich *manchmal geglaubt*, die ausgespreitzten Finger, wenn

ich sie vor meinen Augen bewegte, zu sehen; aber ich habe dann auch oft dasselbe Phantom gesehen, ohne die Finger vor dem Gesicht zu bewegen und ohne überhaupt ein Glied zu rühren. Als ich Salzsäure auf einen Kalkspathkrystall gofs, glaubte ich helle Wolken aufsteigen zu sehen: ich war sehr frappirt darüber, und wendete mich alsbald von dem Kalkspathe ab: die Wolken blieben dieselben, und hatten mit der Kohlensäure des Kalkspaths offenbar gar nichts zu schaffen.

Nach diesen Erfahrungen bin ich für mich überzeugt, dafs die naturwissenschaftlich ungebildeten Sensitiven Reichenbach's gemäfs zum grofsen Theil ganz wahrheitsgetreue Angaben gemacht haben, dafs dieselben aber ihre subjectiven Gesichtsthätigkeiten auf objective Vorgänge bezogen haben, mit denen sie in gar keinem Zusammenhange stehen. Das ganze grofse Kapitel der Vorsichtsmaafsregeln, das doch für Experimente, namentlich wo es sich um subjective Erscheinungen handelt, so unumgänglich nothwendig ist, scheint R. ganz uncultivirt gelassen zu haben. Er registrirt einfach alle Angaben seiner Sensitiven, ohne sie einer Controle zu unterwerfen.

Erlauben Sie, dafs ich diesen unerfreulichen negativen Angaben, noch einige positive folgen lasse. Um den Gang der Adaptation zu bestimmen, habe ich mit einem Zinkkupferelemente einen Platindraht glühend gemacht, und eine solche Vorrichtung getroffen, dafs ich den Draht um je ein Millimeter im Finstern verlängern kann. Das Element bleibt 5 Stunden lang constant. In dem erhellten Nebenzimmer sitzt ein Gehülfe, welcher die Zeit notirt, zu welcher ich in das Zimmer eintrete, und die Zeiten, wo ich den Draht um 1 Millimeter verlängere. Wenn ich den Draht bei 20 Millimeter Länge unmittelbar nach dem Eintritt in das Finstere eben leuchten sehe, so sehe ich ihn dann nach 91 Minuten (z. B.) bei einer Länge von 27 Mm. eben leuchten, und während die Curve im Anfange sehr steil ist und ich von Minute zu Minute 1 Mm. zugeben mufs, dauert es von 26 bis 27 Mm. 62 Minuten. Bei einem

anderen Draht habe ich von 16 bis 21 Mm. 73 Minuten gebraucht, und bei einer anderen Concentration der SO_3 von 25 Mm. bis 31 Mm. 57 Minuten. Wenn ich nun bis zum Maximum, also z. B. 27 Mm., gekommen bin, so verkürze ich den Draht so weit, bis ich ihn durch ein graues Glas, welches etwa 96 Proc. Licht absorbirt, sehen kann; dafür habe ich fast immer die Anfangslänge gefunden, also ohne Glas 27 Mm., mit Glas 21 Mm. oder 31 ohne, 25 mit Glas; ohne Glas 26 Mm. mit Glas 20 Mm. usw. Die Empfindlichkeit des Sehorgans nimmt also so zu, dafs ich *ein 25 mal schwächeres Licht* zu erkennen fähig werde. Die Temperatur des Drahtes ist nicht direct zu bestimmen; bei der Länge, die er bei der gröfsten Empfindlichkeit hat, wird dünnes Papier noch sehr langsam durchschnitten. Ich bin, um die Temperatur zu bestimmen wo ein Metall anfängt zu leuchten, so verfahren: bei gröfster Empfindlichkeit wurde im Nebenzimmer Blei im eisernen Tiegel geschmolzen und auf ein Zeichen entfernte sich der Gehülfe mit dem Lichte, und ich trat in das jetzt gleichfalls ganz dunkele Zimmer: ich konnte kein Leuchten bemerken: das Licht wurde wiedergebracht, das Blei fing eben an am Rande zu erstarren. Dasselbe Experiment mit Zink ergab: Zink- und Eisentiegel leuchten beide ganz gleich und zwar *weifs*, nicht roth; fast ebenso wie eine insolirte Porzellanschale. Das Zink zeigte sich, als das Leuchten vorbei war, nur noch ganz in der Mitte flüssig. Also würde die Temperatur des schmelzenden Zinks 371° bis 500° (!) und dieselbe Temperatur des Eisens ein Leuchten erzeugen.

Dergleichen Bestimmungen müfsten doch auch für Sensitive gemacht werden, und es würde sich ja dann zeigen, wo die Gränze ihrer Empfindlichkeit für Licht liegt.

XIV. *Versuch einer Theorie der Fluorescenz;* von *Eugen Lommel,*

Professor in Schwyz.

Die Fluorescenzerscheinungen haben, meines Wissens, bis jetzt eine genügende Erklärung nicht gefunden. Eisenlohr machte zuerst auf die Analogie aufmerksam, welche zwischen den aus der Akustik bekannten Combinationstönen und den Fluorescenzfarben besteht, und dachte sich letztere durch *Combination der einfallenden Lichtstrahlen unter sich* entstanden. Dieser Anschauung, welche ein Zusammenwirken mehrerer *verschiedenfarbiger* Strahlen voraussetzt, wird mit Recht die Thatsache entgegen gehalten, dafs auch ganz *homogene* Strahlen Fluorescenz erregen, und viele sogar die nämliche. Dennoch scheint mir in dem geistvollen Gedanken Eisenlohr's an die Combinationstöne der Keim zu einer einfachen Erklärung der Fluorescenzerscheinungen zu liegen, welche ich in den folgenden Zeilen entwickeln will.

Wenn ein Körper von Lichtstrahlen (oder Wärmestrahlen) getroffen wird, so gerathen seine Atome, indem die Aetherschwingungen lebendige Kraft an sie abtreten, selbst in Schwingungen, deren auf eine Sekunde treffende Anzahl nothwendig von der Natur des Körpers abhängt, weil ja die zwischen den Atomen thätigen Molecularkräfte es sind, welche ein aus der Gleichgewichtslage gerücktes Atom um diese hin und her zu schwingen nöthigen. Die Atome des Körpers werden sich alsdann wie leuchtende (oder überhaupt strahlende) Punkte verhalten, indem sich ihre Schwingungen dem umgebenden Aether mittheilen und in demselben weiter fortpflanzen. Wie bei den meisten leuchtenden oder wärmestrahlenden Körpern, werden die so ausgesendeten Strahlen im Allgemeinen nicht homogen seyn, sondern aus Elementarstrahlen verschiedener Wellenlänge be-

stehen. Die durch Bestrahlung oder Erwärmung eingeleiteten Oscillationen werden, durch die Molecularkräfte unterhalten, auch dann noch fortdauern, wenn der Körper der erregenden Ursache entzogen worden ist; gehören nun diese Schwingungen vermöge ihrer Wellenlänge zu den für unser Auge wahrnehmbaren, so leuchtet der Körper nachher im Dunkeln, oder er *phosphorescirt.*

Sind die Schwingungen, zu welchen die Atome des Körpers durch die Bestrahlung angeregt werden, zu langsam, um direct in die Erscheinung zu treten, so wird der Körper zwar, wie der phosphorescirende, auch noch im Dunkeln fortfahren Aetherwellen zu entsenden, er wird uns aber dunkel erscheinen, weil seine Strahlen vermöge ihrer geringen Schwingungszahl nicht im Stande sind, Lichteindrücke in unserem Auge herorzurufen. *Diese an und für sich dunkeln Strahlen können aber während der Bestrahlung sich mit den einfallenden Strahlen combiniren, und es können dadurch Combinationsfarben entstehen, welche der directen Wahrnehmung zugänglich sind.* Diese Combinationsfarben, von den Atomen des Körpers ausstrahlend, bringen alsdann den innern farbigen Lichtschimmer hervor, welcher *Fluorescenz* genannt wird.

Die Schwingungszahl eines Combinationstones wird bekanntlich erhalten, wenn man die Schwingungszahlen der beiden zusammenwirkenden Töne von einander abzieht. Nehmen wir nun, um die Ideen zu fixiren, an, die Atome eines bestrahlten Körpers entsenden einen Strahlencomplex, welcher Strahlen von allen Schwingungszahlen zwischen 100 und 300 Billionen enthält, so werden diese Strahlen, als ultrarothe dem Auge direct nicht wahrnehmbar seyn. Dem äufsersten Roth des Spectrums kommt die Schwingungszahl 476 Bill. zu; das äufserste Roth würde daher, mit allen von den Atomen des Körpers ausgehenden Strahlengattungen combinirt, Strahlen liefern, deren Schwingungszahlen zwi-
schen 176 Bill. und 376 Bill. liegen, welche also ebenfalls
den unsichtbaren ultrarothen Strahlen gehören. Das

gen würden im mittleren Grün, welchem die Schwingungszahl 600 Bill. entspricht, bereits rothe Combinationsfarben aufdämmern, weil der grüne Strahl, mit den dunkeln Strahlen des Körpers combinirt, Schwingungszahlen von 300 bis 500 Bill. liefert. Das äufserste Violett, welchem 757 Bill. Schwingungen zukommen, würde durch Combination mit den Strahlen des Körpers Schwingungszahlen von 457 bis 657 Billionen erzeugen können, welche die rothe, orangegelbe, gelbe, grüne und blaue Farbe umfassen. Ultraviolette Strahlen von 800 Bill. Schwingungen würden auf diese Weise sogar rothe bis dunkelblaue Farbentöne zu erzeugen im Stande seyn.

Aus diesen Betrachtungen geht hervor, dafs ein bestrahlter Körper von der vorausgesetzten Beschaffenheit uns Lichtstrahlen zuzusenden vermag, welche weder in dem einfallenden Lichte enthalten sind, noch auch von dem Körper an und für sich geliefert werden können. Wir sehen zugleich, dafs die rothen und gelben Strahlen unwirksam bleiben, weil sie nur unsichtbare ultrarothe Combinationsfarben hervorbringen, dafs dagegen die Farben kürzerer Wellenlänge vorzüglich im Stande sind, fluorescirend zu wirken; ja dafs die *unsichtbaren ultravioletten* Strahlen des einfallenden Lichtes durch Combination mit den ebenfalls *unsichtbaren ultrarothen* Strahlen des Körpers fast alle Farben des Spectrums erzeugen können. Wir sehen ferner, dafs auch *homogenes* Licht, wenn nur seine Schwingungszahl grofs genug ist, die Erscheinung der Fluorescenz hervorzurufen im Stande ist, und dafs eine ganze Reihe *verschiedener* homogener Strahlen, z. B. vom Dunkelblauen bis zum Ultravioletten, *dieselben* Combinationsfarben zu liefern vermögen, deren Gemisch alsdann die eigenthümliche Fluorescenzfarbe des Körpers darstellt. Man sieht endlich, dafs diese Fluorescenzfarbe von dem Bereiche der Gränzen abhängt, innerhalb deren die Schwingungszahlen der dunkeln von den Atomen ausgehenden Strahlen eingeschlossen sind, und von den Intensitätsverhältnissen dieser Strahlen untereinander.

Mit Hülfe dieser Theorie lassen sich, wie mir scheint, alle bisher bekannten Fluorescenzerscheinungen auf einfache und ungezwungene Weise erklären.

XV. *Ueber die Magnetisirung von Stahlnadeln durch den Entladungsstrom der Leydener Batterie; von A. Paalzow.*

Durch die Untersuchungen von Liphart's (Pogg. Ann. Bd. 116 S. 513) ist der Nachweis geliefert, dafs die Magnetisirung von Stahlnadeln normal, d. h. der Ampère'schen Regel gemäfs ausfällt, wenn die Entladungen einfache sind; dafs der normale Magnetismus erst bei alternirenden Entladungen auftritt.

Eine anomal magnetisirte Nadel mufs nach dieser Erklärung vorher auch normal magnetisirt gewesen seyn, oder allgemein: eine durch alternirende Ströme magnetisirte Nadel mufs die Erscheinungen zeigen, welche für Magnete aufgefunden worden, die durch entgegengesetzte galvanische Ströme magnetisirt sind.

Die Versuche von Wiedemann (Pogg. Ann. Bd. 100 S. 224) und die von Marianini (*Ann. de chim. et de phys. T. XVI p.* 436 und 448) haben nun gelehrt, dafs Magnete, welche durch entgegengesetzt gerichtete galvanische Ströme magnetisirt sind, sich in der That anders verhalten, als solche, bei denen der Magnetismus durch einen einfach gerichteten Strom hervorgerufen ist. Mit Hülfe der von beiden Beobachtern angegebenen Mittel schien es mir möglich den Nachweis zu führen, dafs z. B. eine anomal magnetisirte Nadel vorher normal magnetisirt war, oder dafs eine Nadel, welche einen geringen Magnetismus zeigt, schon *vorher einen stärkeren* Magnetismus besessen hatte.

Wiedemann's Anwesenheit in Berlin im Sommer 1861 erlaubte es mir, die ersten Versuche mit ihm gemeinschaftlich anzustellen.

Die Versuche wurden ausgeführt mit einer Batterie von 25 Quadratfuſs Belegung, die mit positiver oder negativer Elektricität geladen wurde. Die Stärke des Stromes wurde durch ein Riefs'sches Luftthermometer gemessen. Der Schliefsungsbogen bestand aus kurzen dicken Kupferdrähten, er enthielt das Luftthermometer, eine Silberspirale von 27 Windungen von 9^{mm} Durchmesser. — Die zu magnetisirenden Nadeln waren Nähnadeln von Hemming und Sohn No. 3. Nur *die* Nadeln wurden gewählt, welche von Hause aus keinen Magnetismus zeigten, und auch durch Klopfen keinen annahmen. Dann wurden die Nadeln in die Silberspirale, die auf Glas gewickelt war, hineingelegt, eine Batterieentladung durch den Schliefsungsbogen hervorgebracht, der Magnetismus der Nadel darauf an einer Spiegelbussole geprüft, die Nadel nun auf unmagnetischer Unterlage im magnetischen Aequator mit einem unmagnetischen hölzernen oder messingenen Gegenstande geklopft, und ihr Magnetismus wieder an der Spiegelbussole geprüft.

Die nächstfolgende Tabelle enthält die Resultate. Die erste Colonne giebt die Stärke des Stromes nach den Angaben des Luftthermometers, die zweite den Magnetismus vor dem Klopfen in Scalentheilen der Spiegelbussole. (Der Mittelpunkt der Nadel war vom Mittelpunkt des Magnetspiegels 20^{mm} entfernt; die Verticalebene des Spiegels ging durch diese Verbindungslinie, und die Axe der Nadel war zu dieser Ebene senkrecht.) Die dritte Colonne den Magnetismus nach dem Klopfen; das negative Vorzeichen bezeichnet, dafs der Magnetismus anomal war.

A.

Batterie von 25 Quadratfuſs Belegung mit positiver Elektricität geladen.

No.	Ausschlag des Luftthermometers	Ursprünglicher Magnetismus	Magnetismus nach dem Klopfen
1	30 Linien	+220	+325
2	84 »	+ 43	+103
3	53 »	+ 64	+106
4	120 »	−630	− 105
5	116 »	−520	−109
6	102 »	−110	+220

B.

Batterie von 25 Quadratfuſs Belegung mit negativer Elektricität geladen.

No.	Luftthermometer	Magnetismus vor dem Klopfen	Magnetismus nach dem Klopfen
1	108 Linien	−170	+185
2	120 »	−400	−290
3	108 »	−120	+105

Die Versuche zeigen sämmtlich, daſs durch Klopfen ein schwacher normaler Magnetismus erhöht wird, daſs ein anomaler vermindert oder umgekehrt wird, also im Allgemeinen eine Verstärkung nach dem ersten normalen Magnetismus hin bewirkt wird.

Diese Thatsache erklärt sich nun einfach durch die Annahme, daſs bei der Entladung einer Leydener Batterie unter gewissen Bedingungen die Richtung alternirt; und das Räthsel des anomalen Magnetismus ist somit durch bekannte Thatsachen bei der Magnetisirung durch galvanische Ströme erklärt.

XVI. *Kurze Bemerkungen zu Hrn. Dr. Fleck's „Beziehungen zwischen Atomgewicht und specifischem Gewicht" in Bd. 117 S. 132 dieser Annalen; von F. Mohr.*

Der Quotient aus dem specifischen Gewichte eines Körpers und dessen Atomgewicht wird bekanntlich Atomvolumen genannt und durch die (a. a. O. S. 133) aufgeführte Formel

$$q = \frac{a}{s} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

ausgedrückt, wo a das Atomgewicht und s das specifische Gewicht bedeutet. Dieser Satz bedarf keines Beweises, denn es liegt in der Natur der Sache, dafs man den Raum erhält, wenn man das absolute Gewicht durch das specifische dividirt, sowie denn jede Gleichung nichts anderes ist, als der mathematische Ausdruck für wirkliche Beziehungen. Nun ist diese Gröfse q oder das Atomvolum, bei den verschiedenen Elementen verschieden (nicht variabel, wie es S. 133 heifst), und er soll zu einer constanten Gröfse k werden, »*sobald man dem Werth a einen variabelen Factor n beifügt*«. Auch hier ist wohl gemeint, dafs der Factor n einen verschiedenen, dann aber nicht mehr variabelen Werth haben soll. Es ist nichts einfacher, als einen jeden Werth durch Zusatz eines passenden Factors in einen anderen zu verwandeln. Wie macht man 4 gleich 2? Man multiplicirt es mit $\frac{2}{4}$ oder $\frac{1}{2}$. Wie macht man das Atomvolum des Natriums (292) gleich dem des Kaliums (584)? Man multiplicirt es mit $\frac{5}{2}\frac{8}{9}\frac{4}{2}$ oder mit 2. Der Verfasser sagt nun, »dafs, wenn dieser Werth bei Kalium = 1 ist, er bei den übrigen Elementen eine ganze Zahl sey, die zu folgender Gleichung zweiten Grades Veranlassung (?) gebe:

$$\frac{an}{s^2} = k^2 \text{«} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Hier ist nun k ebenfalls jenes obige q, nur für ein bestimm-

tes Element, Kalium, gemeint, und drückt man dieſs mit Worten aus, so heiſst es

$$(\text{Atomvolumen des Kaliums})^2 = \frac{\text{Atomgewicht} \cdot n}{(\text{spec. Gewicht})^2}.$$

Es ist aber eine bis jetzt ungebräuchliche Art mathematischer Ableitung, daſs man in einer Gleichung auf der einen Seite den ganzen Ausdruck, auf der anderen nur den Nenner quadrirt, daſs man auf der einen Seite keinen Factor, auf der anderen den Factor n hinzufügt. Offenbar ist jetzt die Gleichung falsch. Setzt man in die erste Gleichung k statt q, was zulässig ist, weil q der allgemeine Ausdruck, k aber nur das q des Kalium bedeutet, so hat man

$$\frac{a}{s} = k \text{ und quadrirt } \frac{a^2}{s^2} = k^2;$$

stellt man mit der zweiten Gleichung zusammen, so ist

$$\frac{an}{s^2} = \frac{a^2}{s^2}, \text{ also } a = n,$$

d. h. der Factor ist immer gleich dem Atomgewicht. Das ist eine nothwendige Folge der falschen Gleichung, wenn man auf die unzweifelhaft richtige erste Gleichung zurückgeht. Was soll man sich aber unter dem Quadrat des spec. Gewichts oder des Atomgewichts vorstellen? Der Verfasser hätte doch »*die Veranlassung*«, welche das specifische Gewicht in der sonderbaren Gestalt eines Quadrats erscheinen läſst, etwas näher erörtern müssen, da man aus der Gleichung (1) niemals auf die Gleichung (2), welche falsch ist, kommen kann. Der Verfasser betrachtet den Ausdruck $\frac{a}{s}$ als eine Cotangente, worin a die Abscisse und s die Ordinate vorstellt. Diese Ansicht ist ebenfalls falsch. Cotangente ist allerdings der Quotient zweier Gröſsen, aber solcher, die immer dasselbe Verhältniſs zu einander haben, und die einzeln jeden beliebigen Werth annehmen können, wenn der andere den entsprechenden Werth annimmt. Nun sind aber Atomgewicht (a) und specifisches Gewicht (s) constante Gröſsen, die nicht jeden beliebigen *Werth annehmen* können. Im Fall nun alle Atomvolu-

men (q) einander gleich wären (was sie aber nicht sind), dafs also das Verhältnifs von s zu a immer dasselbe wäre, so würden die verschiedenen Werthe von q Punkte derselben Cotangente seyn, aber niemals daraus eine zusammenhängende gerade Linie hervorgehen.

Im späteren Verlauf des Aufsatzes erscheint der Werth $\frac{an}{s^2}$ als Parabel, und es ist auch wieder sehr erklärlich, weil in der zweiten Gleichung eine der Variabeln s quadrirt worden ist, die andere a aber nicht, und die Formel der Parabel $y^2 = px$ ist. Da aber die zweite Gleichung eine Ungleichung ist, so ist es wohl überflüssig, das darauf errichtete Gebäude der ferneren Entwickelung genauer zu betrachten.

XVII. *Zur Charakteristik der Mineralspecies „Anhydrit"; von Dr. Albrecht Schrauf.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verfasser aus Bd. 46 der Sitzungsberichte der Wiener Academie.)

Dr. Fuchs in Clausthal hat in der berg- und hüttenmännischen Zeitung vom 28. Mai 1862 einen Fund von Anhydritkrystallen von Stafsfurth am Harz bekannt gemacht, welche Krystalle mit Schwerspath isomorph seyn sollen. Derselbe sandte einige an das k. k. Hof-Mineraliencabinet und durch die Güte des Hrn. Directors Dr. Moritz Hörnes erhielt ich dieselben zur näheren Untersuchung.

Die Krystalle kommen in salzhaltigem Gyps eingewachsen vor und bilden eine Combination des Prisma (011) mit dem Doma (210). Die Flächen (011) sind rauh und matt, die von (210) sehr gestreift, oftmals treppenförmig gekrümmt. Fuchs nennt die Fläche (011) d, und (210) M und giebt für $dd = 84\frac{1}{2}°$, für $MM = 110°$ als annäherungsweise mit dem Anlegegoniometer erhalten an.

Meine Messungen ergaben für (0 1 1) (0 $\bar{1}$ 1) = 85° für (2 1 0) (2 $\bar{1}$ 0) = 60°, letztere Messung mit dem Reflexionsgoniometer an kleinen nicht treppenförmigen Krystallen erhalten. Diese letzterwähnte Ausbildungsweise von *M* an allen gröfseren Krystallen ist Ursache der Variation des Winkels und der Angabe von Fuchs.

Meine Winkelmessungen stimmen mit den Angaben Miller's überein:

	Schrauf.	Miller.
(0 1 1) (0 $\bar{1}$ 1)	= 85°	84° 34′
(2 1 0) (2 $\bar{1}$ 0)	= 60	58 40

Diese Flächen *d* und *M* sind ferner sicher der Ordnung der Prismen angehörend, da die Spaltungsrichtungen sich als normale Abstumpfung der Kanten erweisen. Die Spaltungsrichtungen sind in der Leichtigkeit, sie nach den verschiedenen Pinakoïdflächen zu erhalten, kaum zu unterscheiden, doch fand ich im Gegensatz zu Fuchs auch an diesen Krystallen die Beobachtungen Miller's bestätigt, welcher die schwerer zu erhaltende Theilbarkeit parallel der Fläche 0 1 0 angiebt.

Die zwei Flächen *d* und *M* sind bisher am Anhydrit noch nicht beobachtet, und so wie der säulenförmige Habitus für denselben neu.

Diese besprochenen krystallographischen Verhältnisse weisen vollkommen auf die Meinungen Miller's hin, welcher gegen die Isomorphie mit Schwerspath sprach; ebenso ergiebt sich aus allen folgenden Untersuchungen, dafs die Harzer Anhydritkrystalle mit denen von Aussee ident sind.

Fuchs erhielt als Resultat einer Analyse schwefelsauren Kalk mit nur 0,5 Proc. Wasser; ich fand die Dichte eines grofsen Krystalles von Stafsfurth = 2,983, eines von Aussee = 2,956. Die Härte beider ist nahe 3, doch scheinen die Krystalle von Aussee etwas schwerer spaltbar und härter zu seyn.

Die optischen Verhältnisse beider zeigen sich ebenfalls *ident.*

Nach den Untersuchungen von Grailich und Lang[1]) ist die Orientirung für die Krystalle von $a\,b\,\breve{c}$ und der scheinbare Axenwinkel $AB = 70$ bis $72°$; die Untersuchung von Platten aus Stafsfurther Krystallen gespalten ergab mir dasselbe Resultat und zwar so gleichförmig, dafs sich durch die optischen Phänomene der Fundort nicht unterscheiden läfst. Die Axen liegen in der Zone (210) ($\bar{2}10$) und die erste Mittellinie coïncidirt mit (010). Aus dieser vergleichenden Charakteristik ergiebt sich hiemit die Identität der Krystalle vom Harz mit denen von Aussee. An Exemplaren des ersten Fundortes hat aber Hausmann[2]) die Isomorphie mit Schwerspath nachzuweisen gesucht; seine angegebenen Winkel sind wohl nicht vollkommen übereinstimmend mit den von Fuchs, allein die säulenförmige Form beider läfst erwarten, dafs nur die treppenförmige Ausbildung Ursache der Discordanz der durch das Anlegegoniometer erhaltenen Winkel ist.

Es folgt somit aus meinen Beobachtungen, dafs 1) die Anhydrite vom Harz mit denen von Aussee in ihren physikalischen Eigenschaften vollkommen übereinstimmen, 2) einen für Anhydrit vollkommen neuen Habitus mit neuen Flächen bilden, 3) dafs deren Winkel von den Miller'schen Angaben ableitbar sind, 4) es bestätigt sich die von Hausmann für die Harzer Krystalle angegebene Isomorphie mit Schwerspath nicht, wenn man nicht zu einer complicirten Transformation der Indices schreiten will.

Was diesen letzten Punkt und die hiefür nöthigen Quellen betrifft, so kann ich nur auf die oben citirte Untersuchung und Messung (von Aussee-Anhydriten) von Grailich und Lang verweisen.

Ich bemerke nun schliefslich, dafs die Messungen von Haüy, welche mit den späteren genauen Miller'schen nicht übereinstimmen, ebenfalls an Exemplaren von Aussee durchgeführt wurden.

1) Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch., Wien, XXVII, 2.
2) Pogg. Ann. Bd. 83, S. 572.

XVIII. *Notiz über den Farbstoff einiger Edelsteine; von J. Schneider.*

Mit Bezug auf die Entdeckung Tournet's, dafs die Farben einiger der Siciliumgruppe angehörigen Edelsteine flüchtigen Kohlenwasserstoffverbindungen zuzuschreiben seyen, erlaube ich mir zu bemerken, dafs ich bereits im Bde XCVI (1855) S. 282 dieser Annalen auf die in verschiedenen *Quarzen* enthaltenen *Kohlenstoffverbindungen* hingewiesen habe [1]), von welchen Verbindungen nicht blofs die Färbung, sondern auch der beim Aneinanderreiben solcher Quarze bemerkbare eigenthümliche *Geruch* herzuleiten seyn wird. Daher wird denn auch die Anwesenheit solcher Kohlenstoffverbindungen, welchen die kieseligen Mineralien, die derben sowohl wie die krystallinischen, in vielen Fällen ihre Farben verdanken, durch jenen, dem beim Verbrennen organischer Stoffe ähnlichen Geruch angezeigt, und es erscheint bemerkenswerth, dafs ich diesen brenzlichen Geruch selbst bei verschiedenen *Graniten* deutlich wahrgenommen habe.

1) Seitdem hat bekanntlich B. Lewy (*Annal. de chimie et de phys. Ser. III. T. LV* (1858) *p.* 5 durch Analyse dargethan, dafs der Farbstoff des *Smaragds* organischer Natur ist. Er fand als Mittelwerth in diesem Edelstein 98,22 mineralische Substanz, 1,66 Wasser und 0,12 organische Substanz, und die Zusammensetzung dieser letzteren bei vier Analysen:

Kohlenstoff	0,09	0,06	0,07	0,08
Wasserstoff	0,05	0,03	0,04	0,05.

P.

XIX. *Ueber das Farbenspectrum;* *von Sigmund Merz in München.*

(Aus einer vom Hrn. Verf. übersandten Abhandlung im Kunst- und Gewerbeblatt d. polytechn. Vereins für d. Königr. Bayern, Oct. 1862).

Als Fraunhofer das Licht der Sterne mittelst der von ihnen erzeugten prismatischen Spectren verglich, galt es wohl nur die Identität vom Lichte der Sterne mit dem der Sonne zu erweisen. Die von ihm gemachten Messungen der Lage einzelner Linien setzen uns aber zugleich schon in den Stand, die Gegenwart von Natrium in der Atmosphäre des Mars, der Venus, des Pollux, Prokyon, Beteigeuze (α Orionis), der Capella, alle die Spectra der genannten Sterne zeigen die Linie *D* des Sonnenspectrums, zu erkennen. Die Identität der Linien *E* und *b* im Spectrum des Mars, der Venus, der Capella und Beteigeuze mit den gleichen Linien des Sonnenspectrums und den Eisenlinien von Kirchhoff ist ferner ein Beweis für die Anwesenheit von Eisen in der Atmosphäre des Mars, der Venus, Capella und Beteigeuze. Eine Fortsetzung der Fraunhofer'schen Sternspectralvergleiche unternahm ganz neuestens Prof. Donati in Florenz (*Memorie astronomiche del Prof. Giovan Battista Donati, Firenze* 1862). Derselbe bestimmte die Lage mehrerer Linien des Sirius, der Vega, Prokyon, Regulus, Fomalhaut, Castor, Atair, Capra, Arctur, Pollux, Aldebaran, Rigel und Antares. Ein oberflächlicher Vergleich dieser Linien mit denen des Kirchhoff'schen Spectrums von Chemikalien zeigt, dafs Eisen höchst wahrscheinlich die Hauptrolle in den Atmosphären aller dieser Sterne spielt. Eine Hauptlinie der Donati'schen Spectren (α Donati) der ersteren 10 Sterne differirt nur ungemein wenig (bei Atair nur 5 Bogensekunden) von Fraunhofer's *F* des Sonnenspectrums, in welche Gegend besonders viele Eisenlinien Kirchhoff's fallen. Ein ganz directer Vergleich

ist wohl erst möglich, wenn einmal Kirchhoff's Linien durch ihre Brechungswinkel bestimmt sind.

Die Pracht des Kirchhoff'schen Sonnenspectrums ist eine entzückende. Die Sichtbarmachung so vieler Linien gelang ihm durch Anwendung mehrerer Prismen, deren eines, vermöge seiner neuen Brechung, das Spectrum des anderen wieder verbreitert. Als besondere Merkwürdigkeit erscheint uns dabei gleich auf den ersten Blick die dreifache Linie *D*, die selbst Kuhn entgangen war, wie *D* überhaupt nur als Doppellinie galt. Die Richtigkeit der Beobachtung können wir durch eigene Beobachtung vollends bestätigen. Es dürfte dieſs deshalb beachtenswerth erscheinen, als wir auf ganz anderem Wege zum gleichen Resultat gelangten. Schon 1850 machte Brewster darauf aufmerksam, wie durch gröſsere Prismen die dunklen Streifen des Sonnenspectrums in Linien aufgelöst werden können, ähnlich wie Nebelflecke in Sterne aufgelöst werden durch mächtigere, lichtstärkere Teleskope, und wir versuchten die Herstellung eines Prismas von 60° brechendem Winkel, das einen Lichtbüschel von 43 Linien durchzulassen im Stande war. Demgemäſs war es möglich, auch ein Fernrohr mit entsprechend gröſserer Objectivöffnung und einer etwa 50maligen Vergröſserung anzuwenden. Die dritte Linie *D* ward dadurch mit äuſserster Schärfe beobachtet. Sie lag zwischen den beiden stark gezeichneten Gränzlinien der Doppellinie *D* als schwacher Streifen fast mitten inne. Die Methode von Kirchhoff behält nur den scheinbaren Vortheil, daſs sich die Elemente beliebiger vermehren lassen und der Brechungswinkel solcher Art leichtlich über 180° gebracht werden kann. Bei 270° brechendem Winkel gewöhnlicher Fraunhofer'scher Prismen von etwa 45° brechendem Winkel entdeckten wir eine zweite Zwischenlinie *D*. Bei elf Prismen oder einem Winkel von etwa 480° zeigten sich fünf Linien zwischen den beiden Linien *D*. Einschlieſslich dieser besteht *D* somit aus sieben Einzellinien, zwei ganz breiten, zwei breiteren und drei feinen Linien. Wir können aber auch beifügen, daſs es uns ganz jüngst glückte,

die Linie *D* in fünf Linien aufzulösen, als wir das Prisma von 43 Linien in den entsprechenden Querschnitt des aus einem 34 Linien Oeffnung haltenden Spaltfernrohrs tretenden Strahlenbündels stellten und sie bereits als eine dreifache sicher erkannten, als wir unter gleicher Berücksichtigung ein Prisma von nur 19 Linien Oeffnung benutzten. Nachdem also ein einziges Element schon ein dem Kirchhoff'schen Spectrum mindestens aequivalentes Spectrum zu erzeugen im Stande ist, wenn es dem Beobachtungsfernrohr einen hinreichenden Lichtbüschel zu senden vermag, so steht immer noch zu hoffen, dafs eine Trennung feinerer Linienbüschel leichter und bestimmter durch Vergröfserung der Apparate zu erreichen ist. Wir beabsichtigen daher noch die Herstellung weiterer grofser Prismen, um so im Sinne Brewster's die Spectralbeobachtungen wieder aufzunehmen, und behalten uns vor, über das Ergebnifs seiner Zeit zu berichten.

XX. *Ein Paar neuer Barometer.*

Unter der nicht eben grofsen Anzahl physikalischer Instrumente von neuer Einrichtung, welche auf der letzten Industrie-Ausstellung zu London vorhanden waren, befanden sich zwei Barometer, beide zu dem Endzweck construirt, die Veränderungen des Luftdrucks in vergröfsertem Maafsstabe zu zeigen. Als Mefsinstrumente haben dieselben freilich keinen Werth, sind aber doch durch ihre Construction nicht ohne Interesse.

Das erste derselben, angeblich von einem Hrn. Whiting in Dundalk herstammend, ist als eine Abänderung des konischen Barometers von Amontons zu betrachten. Statt aber konisch zu seyn, ist es aus zwei cylindrischen Theilen zusammengefügt, von denen der obere *ab*, wie umstehende Figur zeigt, etwas enger ist als der untere *bc*. Der

erstere ist oben zugeschmolzen, der letztere unten offen, aber abgesperrt durch eine Elfenbeinplatte p, die der Quecksilbersäule, welche die Röhre ac bis h füllt, als beweglichen Boden dient. Diese Platte schliefst nur locker, damit keine Reibung stattfinde, aber doch so, dafs kein Quecksilber ausfliefsen kann; und sie wird durch ein kurzes, oben kugelförmig erweitertes hohles Glasröhrchen g, welches in das Quecksilber hineinragt, mit diesem in steter Berührung gehalten. Diese Einrichtung gestattet, der Quecksilbersäule einen weit gröfseren Durchmesser, und mithin auch eine weit gröfsere Beweglichkeit zu geben, als beim Amontons'schen Barometer möglich ist. Der untere Theil bc kann 6 bis 8 Linien im Durchmesser halten.

Im Uebrigen ist das Spiel des neuen Instrumentes dasselbe wie das des älteren; und es ist leicht einzusehen, dafs sich die Verschiebungen der oberen Quecksilberkuppe h, theoretisch genommen, in beliebigem Grade gegen die Veränderungen des Barometerstandes vergröfsern lassen. Bezeichnen nämlich H und h die Höhen der Quecksilbersäule im engeren und weiteren Theile der Röhre, q und Q die Querschnitte dieser Theile, V das constante Volum der Quecksilbermasse, und P den Barometerstand, so hat man:

$$Hq + hQ = V; \quad H + h = P,$$

und daraus nach Differentiation

$$\frac{dH}{dP} = \frac{Q}{Q-q}.$$

Je mehr also der obere Querschnitt q dem unteren Q nahe kommt, desto gröfser wird dH, die Verschiebung der Kuppe h, gegen dP, die Veränderung des Barometerstandes; und umgekehrt, je kleiner q gegen Q ist, desto mehr werden dH und dP einander gleich.

Es ist auch leicht einzusehen, weshalb ein Heberbaro-

meter mit ungleich weiten Schenkeln diese Erscheinung nicht darbieten kann. Denn für dasselbe hätte man

$$Hq + hQ = V;\quad H - h = P,$$

also

$$\frac{dH}{dP} = \frac{Q}{Q+q},$$

wonach dH nur zwischen den Gränzwerthen $\frac{1}{2}dP$ und dP schwankt, wenn q von Q bis 0 abnimmt.

Das zweite Barometer ist von Richard Howson, Ingenieur zu Middlesborough-on-Tees, erfunden und im *Report of the British Association etc., held at Manchester* 1861, *Notices p.* 64 beschrieben.

Es ist ein Gefäfsbarometer mit beweglichem Gefäfs. In einer geraden Röhre von überall gleichem Durchmesser und etwas gröfserer Länge als die gewöhnliche Barometerröhre steckt nämlich ein nahe ebenso langer hohler Stab (*stalk*), der fest verbunden ist mit einem cylindrischen Gefäfs, welches das untere Ende der Röhre umgiebt. Der ringförmige Raum zwischen dem Stab und der Röhre, und der zwischen Röhre und Gefäfs sind mit Quecksilber gefüllt. Der sonach von diesem Quecksilber umgebene Stab trägt durch seine Schwimmkraft das Gefäfs, und da das Gewicht dieses Gefäfses veränderlich ist, indem darin mehr oder weniger Quecksilber eintritt, je nachdem der Luftdruck ab- oder zunimmt, so sinkt und steigt das Gefäfs und bewirkt solchergestallt eine Verschiebung der oberen Quecksilberkuppe, die gröfser ist als die Veränderung des Barometerstandes. Der Erfinder sieht es als einen Vorzug dieses Instrumentes an, dafs es nur wenig Quecksilber erfordert, da man die ringförmigen Räume zwischen Stab und Röhre und Röhre und Gefäfs nur schmal zu nehmen braucht; indefs wird es dadurch offenbar an Empfindlichkeit verlieren, und überhaupt kann dieses Instrument wegen seiner complicirteren Construction nicht auf das Interesse Anspruch machen, welches das erstere wenigstens in theoretischer Hinsicht besitzt.

XXI. *Anomale Dispersion des Ioddampfes;* von *Hrn. F. P. Leroux.*

(*Compt. rend. T. LV p.* 126)

Der Ioddampf dispergirt das Licht umgekehrt wie alle bisher untersuchten Substanzen, d. h. ein mit Ioddampf gefülltes Prisma bricht die rothen Strahlen stärker als die blauen.

Bei meiner ersten Mittheilung über diesen Gegenstand [1]) sagte ich, dafs, wenn ich das Prisma meines Apparats mit Ioddampf gefüllt hätte, das Bild einer stark beleuchteten Spalte aus zwei verschiedenen übereinandergelagerten Theilen, einem blauen und einem rothen, zu bestehen schien. Seitdem gewahrte ich, dafs die Ordnung dieser beiden Farben nicht die ist in den Spectren aller bisher untersuchten Substanzen. Ich wollte indefs dieses, allen bisherigen Beobachtungen so widersprechende Resultat nicht eher veröffentlichen, als bis ich es in seinem ganzen Detail studirt, und meine Apparate so eingerichtet hätte, dafs ich einige Personen zu Zeugen des Phänomens machen könnte.

Nach verschiedenen Versuchen hatte ich zunächst Prismen aus Porzellan anfertigen lassen, da die aus Metall, selbst vergoldetem oder emaillirtem, der Wirkung des Ioddampfes nicht widerstanden. Ich mufste darauf mein Beleuchtungssystem so einrichten, dafs die Undurchsichtigkeit des Ioddampfes durch eine hinreichende Lichtintensität überwunden wurde. Um meine Versuche gegen jeden Einwand zu sichern, wurde ich dann veranlafst, die Erscheinungen zu studiren, welche man beobachtet, wenn man ein durch eine kleine Anzahl einfacher Lichter beleuchtetes Bild betrachtet. Ich hatte dadurch Gelegenheit, den Mangel an Achromatismus im Auge zu bestätigen und daraus eine grofse Anzahl von Folgerungen zu entwickeln. Es ist das der Gegenstand einer Arbeit, die jetzt ausführlich in den *Annales de chimie et de physique* gedruckt wird.

Folgendes sind nun die verschiedenen Versuche, welche ich zur Bestätigung der angekündigten Thatsache angestellt habe.

1) *Compt. rend. T. LI p.* 171 *et* 800.

1. Der beobachtete Effect hängt nicht ab von einer besonderen und zufälligen Anordnung des Apparates oder der das Prisma verschliefsenden Gläser, weil verschiedene Prismen, verschlossen durch verschiedene Gläser, stets dasselbe Resultat geben.

2. Ein Glasprisma, welches eine gleichsinnige und beinahe gleich grofse (etwa 11 Min. betragende) Ablenkung wie das Ioddampf-Prisma gab, achromatisirte das Bild nahezu; die Dispersion des Ioddampfes ist also die umgekehrte von der des Glases.

3. Beleuchtet man die Spalte meines Collimators mit dem Roth und dem Blauviolett, welche aus der Dispersion von Sonnenlicht durch ein Flintglasprisma entspringen, so sieht man das rothe und das blaue Bild an verschiedenen Orten entstehen. Ein ähnlicher Versuch läfst sich mit farbigen Gläsern anstellen. Diefs zeigt, dafs im Ioddampf die Brechbarkeit des rothen Strahls wirklich gröfser ist als die des blauen. Man kann also das Phänomen nicht durch eine Umwandlung der Strahlen erklären, weil das Licht, welches roth in das Prisma eintritt, auch roth aus demselben austritt, und umgekehrt.

4. Befindet sich das Prisma in Luft, so complicirt sich der Effect durch die Dispersion in diesem Mittel; allein ein directer Versuch hat mir gezeigt, dafs die unter diesen Umständen von der Luft erzeugte Dispersion nur einige Sekunden beträgt, während die des Ioddampfes etwa 30 Sek. ist.

Das Dispersionsvermögen verändert sich in umgekehrtem Verhältnifs mit der Temperatur.

Aufser den rothen und blauen Strahlen läfst das Iod auch die ultravioletten durch; auch erhöht es die Nettigkeit des Phänomens, wenn man das Sonnenlicht, welches die Spalte des Collimators beleuchtet, mittelst eines Uranglases reinigt.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Stallschreiberstrafse 47.

Namenregister

zum

Jahrgang 1862.

(Die Bände 115, 116, 117 sind durch XV, XVI, XVII bezeichnet.)

A.

Ångström, A. J., Ueb. d. Fraunhofer'schen Linien im Sonnenspectrum XVII, 290.
Aubert, H., Untersuch. über die Sinnesthätigk. d. Netzhaut XV, 87 u. XVI, 249. — Ueber subjective Licht-Erschein. XVII, 638.

B.

Baumhauer, E. H. v., Ueber d. Badesalz u. d. Mutterlauge aus d. iodhalt. Wasser d. Dessa Molong XVI, 365.
Baumhauer, E. H. v. u. Seelheim, F., Chem. Untersuch. d. Meteorsteins v. Uden, XVI, 184. — Ueb. e. für e. Meteorstein gehaltn. Gesteinsmasse XVI, 189.
Beetz, W., Ueb. d. Farbe d. Wassers XV, 137. — Ueb. d. elektr. Leitungsvermögen der Flüssigkk. XVII, 1.
Berger, Ueber d. Grundeis-Bildung XVII, 615.
Börsch, O., Widerleg. e. von J. Heussi vorgeschlagn. Verbessr. an Repetitionstheodolithen usw. XVII, 342.
Böttger, R., Ueb. d. Bildung v. Ozon auf chem Wege XVII, 188.
Bohn, C., Zur Polarisat. d. Lichts durch einfache Brech. XVII, 117.
Boltze, H, Ueb. d. verkehrte Bild beim Hohlspiegel XVII, 348.
Bose, M. v. siehe Matthiessen.
Buchner, O., Die Meteoriten in Wien u. London XVI, 637.
Bunsen, R. u. Roscoe, H., Photochemische Untersuchungen XVII, 529.
Buttel, P., Elektr. Iodfiguren XVII, 302.

C.

Chadbourne, P. A., Wirk. d. gepülv. Eises auf d. Sieden in Glasgefäfsen XVI, 640.
Chandler, C. F., Neues Metall im gediegn. Platin vom Rogue River XVII, 190.

Christoffel, E. B., Ueb. d. Dispersion d. Lichts XVII, 27.
Clausius, R., Ueb. d. Wärmeleitung gasförm. Körper XV, 1. — Ueb. d. Anwend. d. Satzes von d. Aequivalenz d. Verwandlungen auf d. innere Arbeit XVI, 73.

D.

Dahlander, G. R., Ueb. d. Einfluſs d. Unebenheiten d. Erdoberfläche u. d. Meeresboden auf d. Niveau-Veränd. d. Meeres XVII, 148.
Dammer, O., Fluorescenz der Wärme XV, 658.
Dove, H. W., Ueb. d. Hörbarmachen v. Beitönen durch Interferenz XV, 650.
Dronke, A., Verhalt. e. homogenen isotrop. Ellipsoïdes im homogen. magnet. Felde u. Ableit. d. magnet. Inductionsconst. aus demselb. XVII, 437.
Dub, J., Ueb. d. Gesetze d. Magnetism. bezügl. einiger von Wiedemann erhobn. Bedenken XV, 198. — Siehe Wiedemann.
Duvernoy, Ueb. d. Ausdehn. d. Wassers b. Gefrieren XVII, 454.

E.

Elsner, C., Ueb. e. auf Allotropie begründete verschiedenfarb. Kiesels. Bleiverbind. XV, 508.
Emsmann, H., Das Typoskop XV, 157.
Engelbach, Lithium und Strontium im Meteorstein v. Capland XVI, 512.

F.

Feddersen, W., Ueb. e. eigenthüml. Stromtheilung b. Entlad. d. Leidner Batt. XV, 336. — Ueb. d. elektr. Flaschen-Entlad. XVI, 132.
Fizeau, H., Untersuch. üb. mehre Erscheinungen bei d. Lichtpolarisat. XVI, 478 u. 562. — Ueb. d. Licht des in d. Luft verbrennenden Natriums XVI, 492.
Fleck, H., Ueb. einige neue Beziehungen zwisch. Atomzahl und spec. Gew. d. Elemente u. einfach. Verbindd. XVII, 132.
Frankland, E., Ueb. d. Einfluſs d. atmosphär. Drucks auf einige Verbrennungs-Erscheinungen XV, 296.
Franz, R., Ueb. d. Diathermansie d. Medien d. Auges XV, 266.

G.

Gallois, F. L. v., Der Präcisirungsbogen an analyt. u. anderen Waagen XVI, 339.
Geifsler, Seine Quecksilber-Luftpumpe XVII, 610.
Giles, B. W. u. Vincent, Ch. W. Neue Darstell. v. metall. Chrom, Mangan u. Kobalt XVII, 528.
Goppelsröder, F., Beitr. z. Studium d. Salpeterbildd. XV, 125. — Neues Verfahr., Farbstoffe in ihren Gemischen z. erkenn. XV, 487.
Grandeau, L., Ueber d. Gegenwart des Rubidiums in gewissen Vegetabilien XVI, 508.
Grüel, C. A., Vortheilhafte Darstell. d. Kienmayer'schen Amalgams XVII, 527.

H.

Hankel, W., Maafsbestimmungg. d. elektromotor. Kräfte XV, 57. — Ueb. d. phosphor. Leuchten des Fleisches XV, 62.
Heintz, W., Ueb. dem Ammoniaktypus angehörige Säuren XV, 165.

— Ueb. d. Diglycolsäure XV, 280 u. 452. — Ueb. e. neue Aminsäure XVI, 632.
Henrici, F. C., Kl. Versuche üb. elektr. Erscheinungen XVII, 175.
Heussi s. Börsch.
Holtz, H., Ueb. d. Durchbohren von Glas mittelst Reibungs-Elektr. XVI, 507.
Hoffmann, H., Ein Diffusionsversuch XVII, 263.

J.

Jackson, Ch., Ueb. e. zu Dhurmsalla in Indien gefalln. Aërolithen XV, 175.

K.

Karsten, H., Ueb. d. Wirk. plötzlicher, bedeutender Temperaturveränd. auf d. Pflanzenwelt XV, 159. — Zur Kenntn. d. Verwesungsprocesses XV, 343.
Kesselmeyer, Ueb. d. angebl. Meteorstein v. Lons-le-Saulnier, XVII, 526.
Kefsler, F., Berichtigung XVII, 352.
Koosen, J. H., Ueb. d. Unterschied. d. Wärmestrahl. in geschloss. Thälern u. auf Hochebenen. XVII, 611.
Kremers, P., Ueb. d. Volumscurven der gesätt. Salzlösungen XV, 397.

L.

Lamont, J., Zusammenhang zw. Erdbeben u. magnet. Störungen XV, 176. — Ueber d. Beob. d. Erdstroms in Telegraph. Linien XVI, 361. — Ueb. d. zehnjähr. Periode in d. tägl. Beweg. d. Magnetnadel u. d. Bezieh. d. Erdmagnetism. zu d. Sonnenflecken XVI, 607.
Lamy, A., Vom Daseyn e. neuen Metalls, des Thalliums XVI, 495.
Landolt, H., Ueb. d. Brechungsexponenten flüss. homolog. Verbindd. XVII, 353.
Leroux, F. P., Anomale Dispersion des Joddampfs XVII, 659.
Liphart, v., Ueb. d. Magnetisirung v Stahlnadeln durch d. Entladungsstrom d. Leydner Batterie XVI, 513.
Lippich, F., Ueb. d. transversal. Schwingg. belasteter Stäbe XVII, 161.
Logeman, Grofse Magnete desselb. XVII, 192.
Lommel, E., Versuch e. Theorie d. Fluorescenz XVII, 642.

M.

Mach, E., Ueb. d. Aendr. d. Tons u. d. Farbe durch Bewegung XVI, 333.
Matthiefsen, A. u. Bose, M. v., Ueb. d. Einfl. d. Temperatur auf d. elektr. Leitungsfähigk. d. Metalle XV, 353.
Matthiefsen, A. und Russell, W. J., Ueb. d. Ursache d. blasigen Structur des Kupfers XV, 637.
Matthiefsen, A. und Vogt, C., Ueb. d. Einfl. von Spuren fremder Metalle auf d. elektr. Leitungsfähigk. d. Quecksilbers usw. XVI, 369.
Melde, F., Neuer Apparat z. Darstell. v. Schwingungscurven XV, 117.
Merz, S., Ueb. d. Farbenspectrum XVII, 554.
Mitscherlich, A., Beitr. z. Spectral-Analyse XVI, 499.
Möller, K., Ueber d. Einfluſs d. Drucks auf d. Löslichkeit einiger Salze XVII, 386.
Mohr, F., Ueb. d. untere Ende d Blitzableiter XVI, 181. — Ueb. d. Entsteh. d. Hagels XVII, 89. —

Kurze Bemerk. zu Fleck's Bezieh. zwisch. Atomgew. u. spec. Gewicht XVII, 648.
Morrem, Ueb. d. Phosphorescenz verdünnter Gase XV, 350.

N.

Nöggerath, Der grofse intermittirende Wassersprudel zu Neuenahr XV, 169.

O.

Oettingen, A. v., Der Rückstand d. Leyden. Batt., als Prüfmittel für d. Art d. Entlad. XV, 513.

P.

Paalzow, A., Ueb. d. Magnetisirung v. Stahlnadeln durch d. Entladungsstrom d. Leydener Batterie XVII, 645.
Perrot, Apparate, um Veränd. in Gröfse u. Richtung d. Schwerkraft sichtbar und mefsb. zu machen XVI, 511.
Phipson, Gediegn. Zink XVII, 528.
Plettner, T., Entlader für Reibungs-Elektr. XVII, 485.
Plücker, J., Ueber recurrente Ströme u. ihre Anwend. z. Darstell. v. Gasspectren XVI, 27.

Q.

Quincke, G., Experimentelle Untersuch. über d. Kummer'schen Strahlenbündel XVII, 563.

R.

Rammelsberg, C., Ueb. d. Isomorphie d. Sulfate von Kadmium, Didym und Yttrium XV, 579. — Ueb. d. iodsaure Natron-Chlornatrium XV, 584.
Rath, G. vom, Mineralog. Mittheilungen XV, 466. — Ueb. d. selensaure Nickeloxyd mit fünf At. Wass. XV, 487 u. XVI, 364.
Reichenbach, v., Ueb. d. näheren Bestandthl. d. Meteoreisens (Nadeln, Eisenkügelchen, Mohr) XV, 148. — Do. (Schwefeleisen) XV, 620. — Do. (Graphit, Eisenglas) XVI, 576.
Reusch, E., Ueb. d. Schillern gewisser Krystalle XVI, 392. — Die Lehre von d. Brechung und Farbenzerstreuung d. Lichts usw. in mehr synthet. Form dargestellt XVII, 241.
Reye, Th., Die mechan. Wärmetheorie u. d. Spannungsgesetz d. Gase XVI, 424.
Riefs, P., Die Abhängigk. elektr. Ströme von d. Form ihrer Schliefsung XVII, 417.
Rijke, P. L., Ueber einige Eigenschaft. d. Inductionsstroms XVII, 276.
Risler-Bennat, Ueb. d. Einwirk. des Zinks auf wäfsr. schweflige Säure XVI, 470.
Rood, O. N., Ueb. d. Spectr. e. salpetersaur. Didymoxydlös. XVII, 350. — Studium d. elektr. Funkens mittelst Photographie XVII, 595.
Roscoe s. Bunsen.
Rose, G., Neue kreisförm. Verwachsung d. Augits XV, 643. — Ueb. d. Asterismus d. Krystalle, besonders des Glimmers und des Meteoreisens XVII, 632.
Rose, H., Chemisch-analyt. Beiträge XV, 494 u. 557; XVI, 112, 352 u. 453. — Ueb. d. Bestimm. d. Salpetersäure XVI, 635. — Ueb. d. Zusammensetz. e. fossilen Eies XVII, 627.
Rothlauf, K., Bestimm. d. magnet. Vertheil. in cylindr. Stahlmagneten mittelst Magnet-Induction XVI, 592.
Rüdorff, F., Ueb. d. Gefrier. d. Wassers aus Lösungen XVI, 55.
Russell s. Matthiefsen.

S.

Sauber, W., Brechungs- und Zerstreuungs-Verhältn. einiger organ. u. unorgan. Substanzen XVII, 577.

Schabus, J., Beiträge z. krystallograph. Chemie XVI, 412.

Schaffgotsch, F. G., Ermittl. d. Eigengewichts fester Körper durch Schweben XVI, 279.

Schneider, J., Merkwürd. Erscheinungen bei e. Gewitter XV, 659. — Ueb. d. Erzeug. v. Tönen durch Wärme XVII, 622. — Notiz üb. d. Farbstoff einiger Edelsteine XVII, 653.

Schöne, E., Ueb. d. Polysulfurete d. Strontiums u. Calciums XVII, 58.

Schrauf, A., Ueb. d. Abhängigk. d. Fortpflanz. d. Lichts von d. Körperdichte XVI, 193. — Vergleich. d. Vanadits mit d. Decloizit XVI, 355. — Siehe Tschermak. — Zur Charakteristik der Mineralspecies »Anhydrit« XVII, 650.

Schröder van d. Kolk, H. W., Ueber d. magnet. Störungen im Sept. 1839, XVI, 346. — Ueber d. Abweichungen d. wirkl. Gase vom Mariotte'schen Gesetz, XVI, 429.

Scoppewer, G., Bemerkk. über d. Pulshammer XV, 654.

Seelheim s. Banmhauer.

Segnitz, E., Beitr. z. Lehre von d. Erhaltung d. Kraft XVII, 46.

Simmler, R. Th., Beitr. z. chem. Analyse durch Spectralbeobachtt. XV, 242 u. 425. — Vermischte Mittheilungen XV, 593.

Sondhauſs, C., Ueb. d. durch Temperatur-Verschiedenheit sich berührend. Körper verursachten Töne XV, 71 u. 177.

Spörer, G. F. W., Resultate aus Beobachtungen der Sonnenflecke XVII, 509.

Stahlschmidt, C., Notiz über Iodstickstoff XV, 653.

T.

Tschermak, G., Ueb. Schrauf's Vergleich von Zippe's Vanadit mit d. Decloizit XVII, 349.

Tyndall, J., Ueber Strahlung u. Absorpt. d. Wärme durch gasförm. Materie XVI, 1 u. 289.

V.

Vincent s. Giles.

Vogel, H., Ueb. d. Zustände des Silbers bei Reduct. seiner Salze auf nassem Wege XVII, 316. — Einfach. Verfahr. mikroskop. Ansichten photographisch aufzunehmen XVII, 629.

W.

Waltenhofen, A. E. v., Ueber J. Kravogl's Quecksilber-Luftpumpe XVII, 606.

Weiſs, A., Ueber einige Beobachtungen d. Sonnenspectrums XVI, 191.

Wiedemann, G., Magnet. Untersuchungen XVII, 193. — Ueber d. von Dub aufgestellt. Gesetze d. Elektromagnete XVII, 218. — Siehe Dub.

Wiederhold, E., Ueb. d. Zersetz. d. chlorsaur. Kalis bei niedr. Temperatur durch Braunstein XVI, 171.

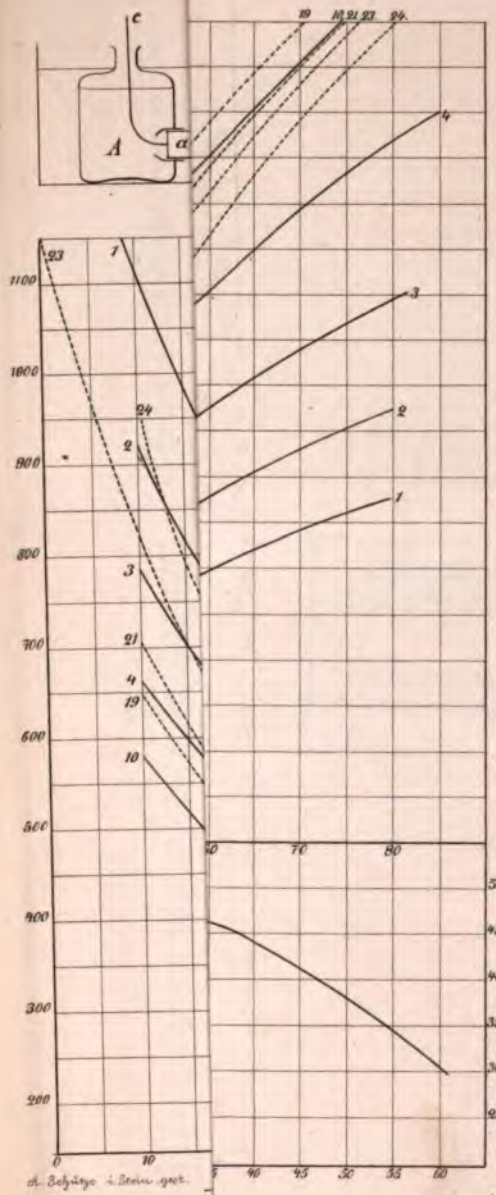
Willigen, V. S. M. van der, Die Reflexionsconstanten XVII. 464.

Wittwer, W. C., Ueb. d. Einfl.

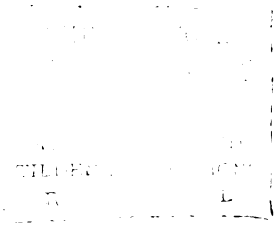
d. Gebirge auf d. Winde d. angränz. Flachlandes XVI, 308.
Wolf, R., Ueb. d. 11jähr. Periode in d. Sonnenflecken u. erdmagnet. Variationen XVII, 502.
Wood, B., Neues leichtflüss. Metallgemisch. XVII, 351.
Wundt, W., Ueber binoculares Sehen XVI, 617. — Ueb. d. Entsteh d. Glanzes XVI, 627.

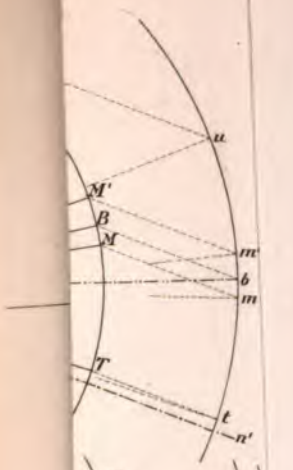
Z.

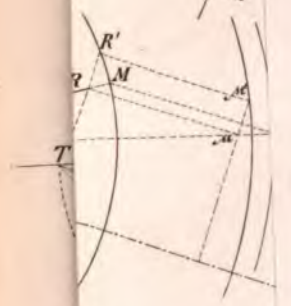
Zehfufs, G., Ueber e. mechan. Wirk. d. elektr. Funkens XVII, 487.
Zöllner, F., Ueber e. neue Art anorthoskopisch. Zerrbilder XVII, 477.

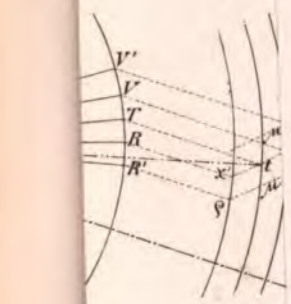


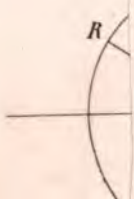
A. Schütze i. Berlin gest.



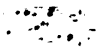


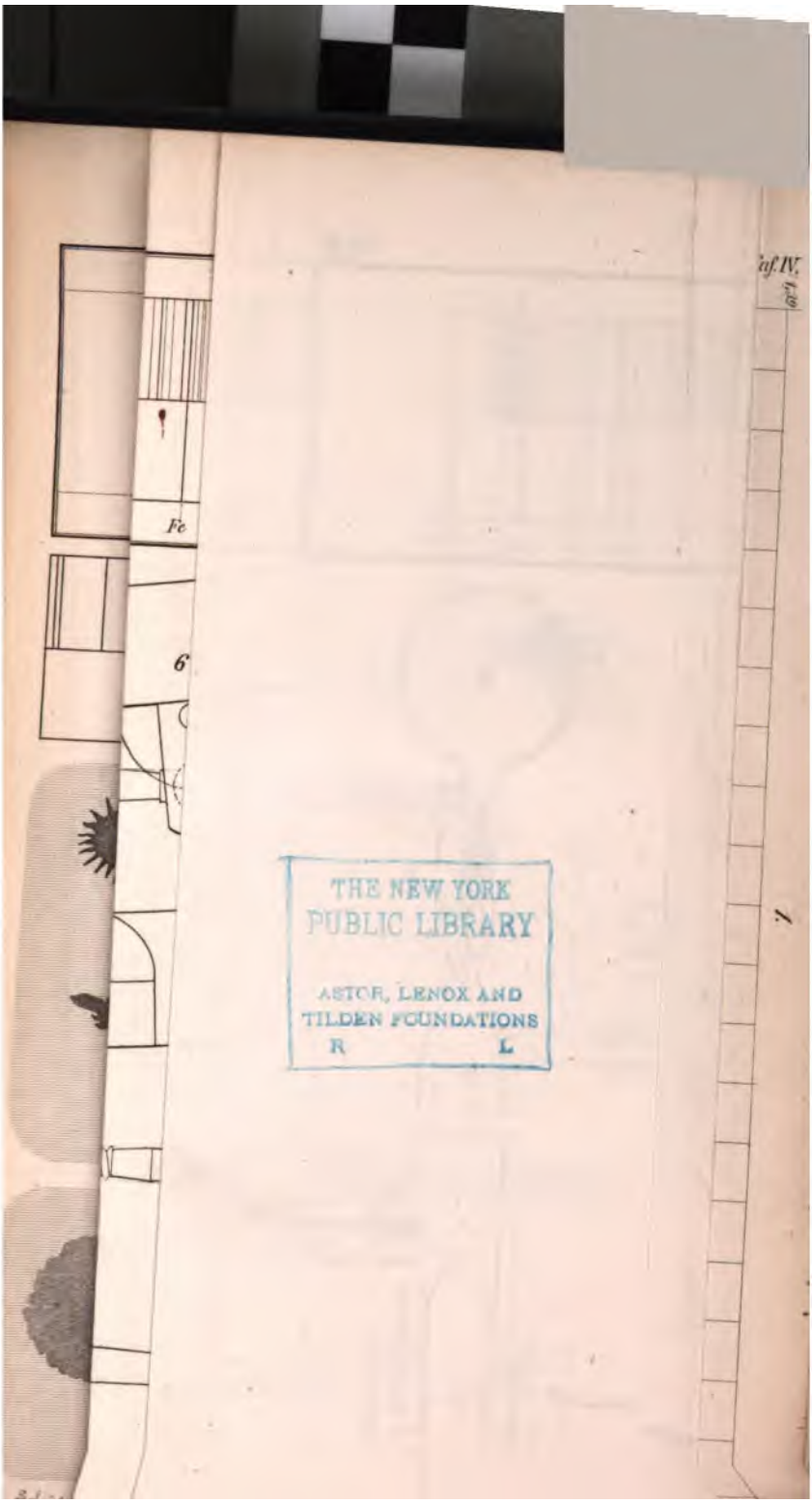




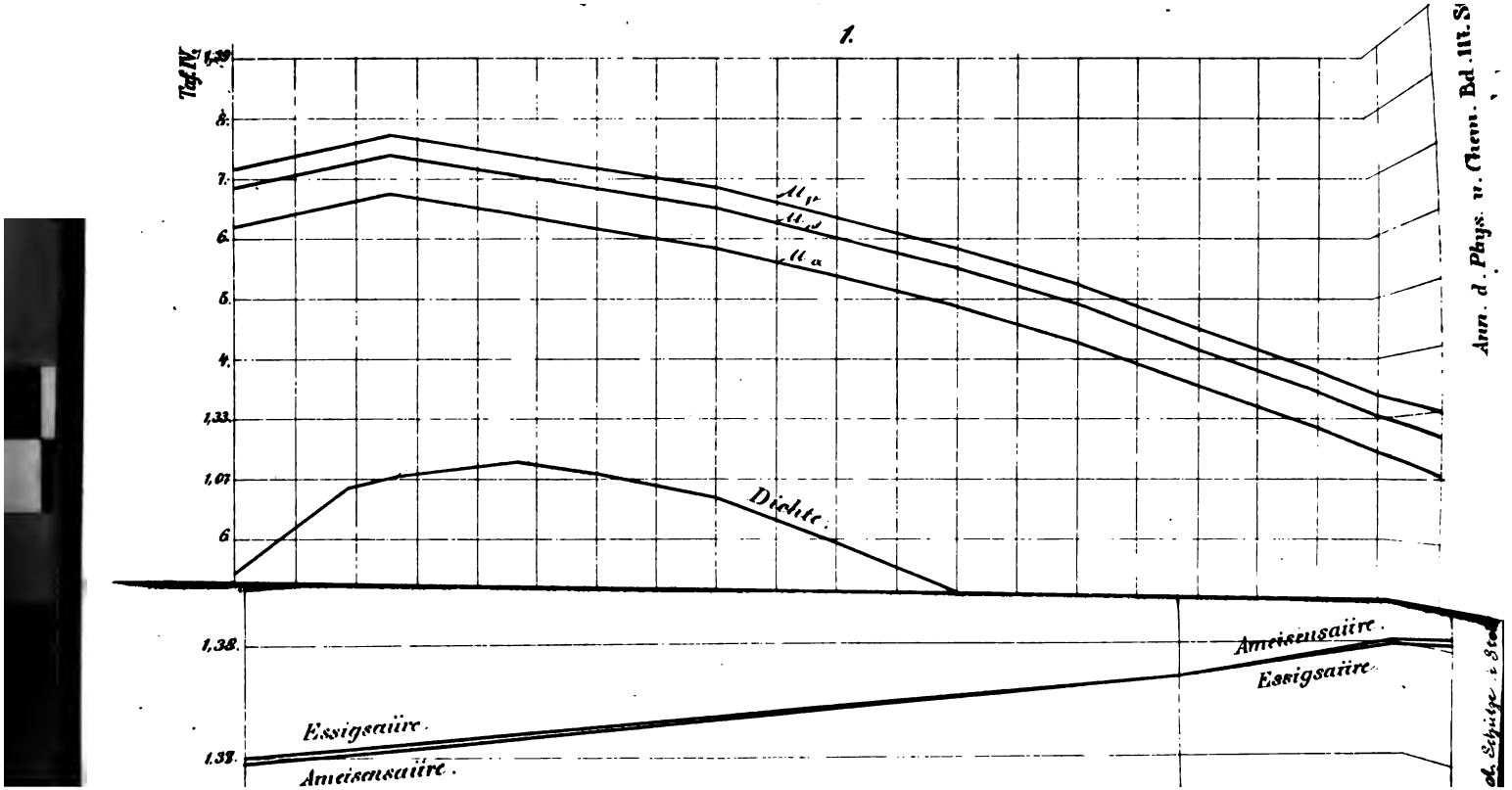


THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
R L

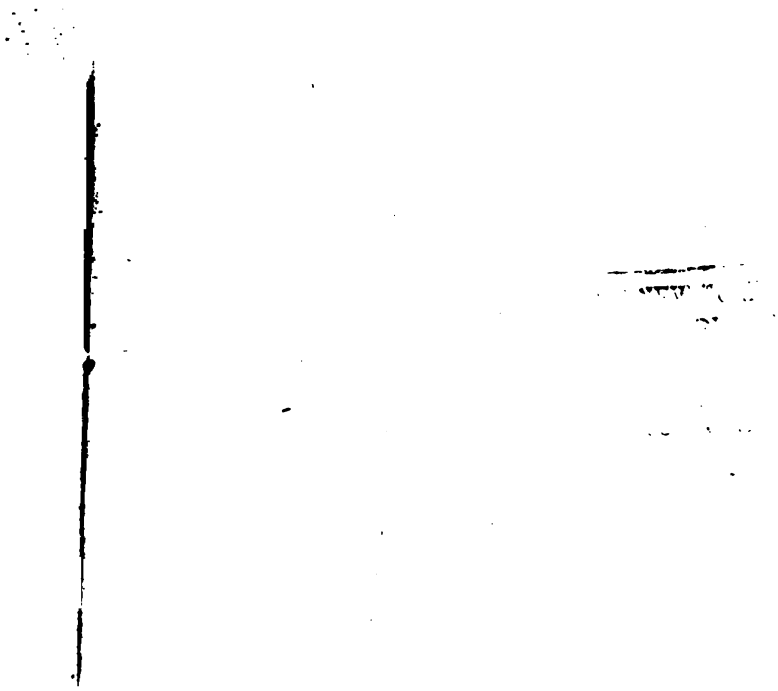


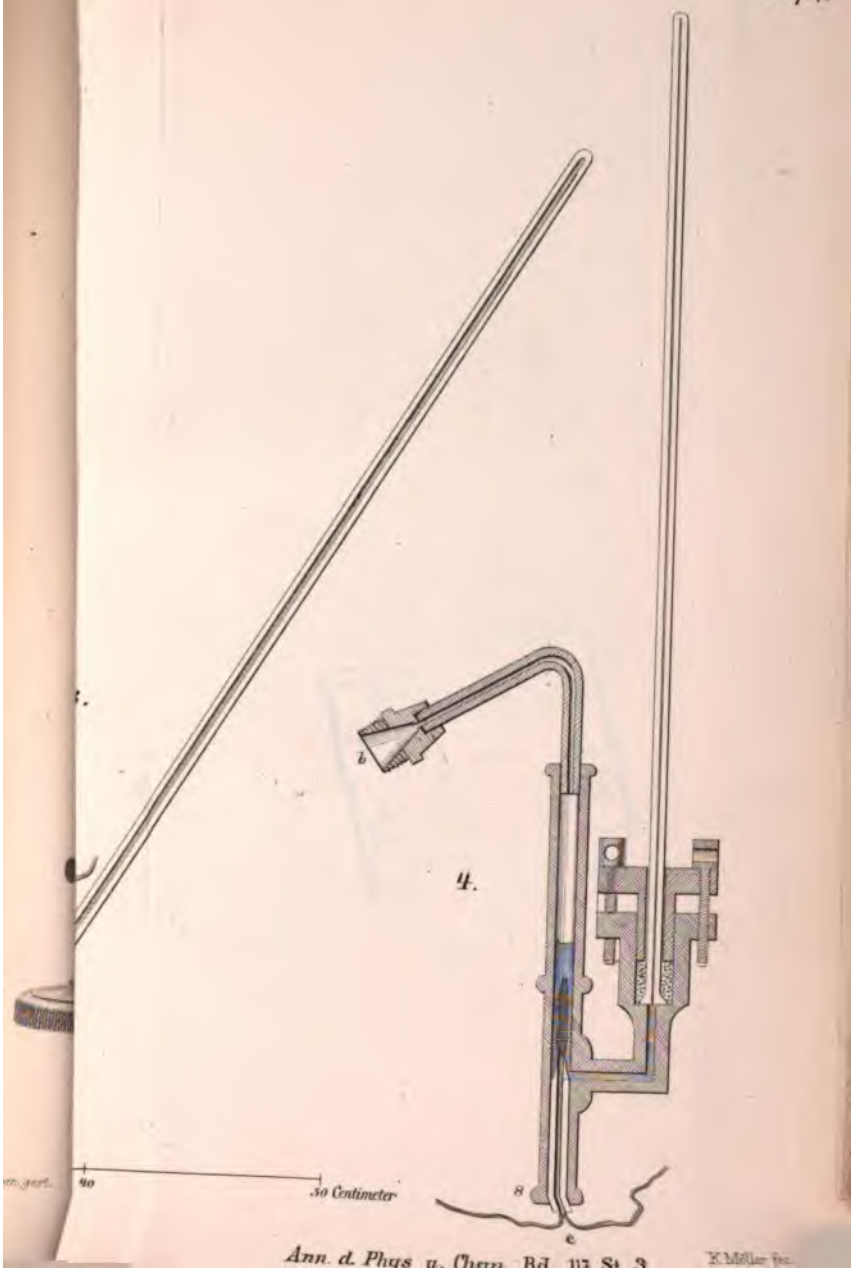


THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
R L



Ann. d. Phys. u. Chem. Bd. III. S

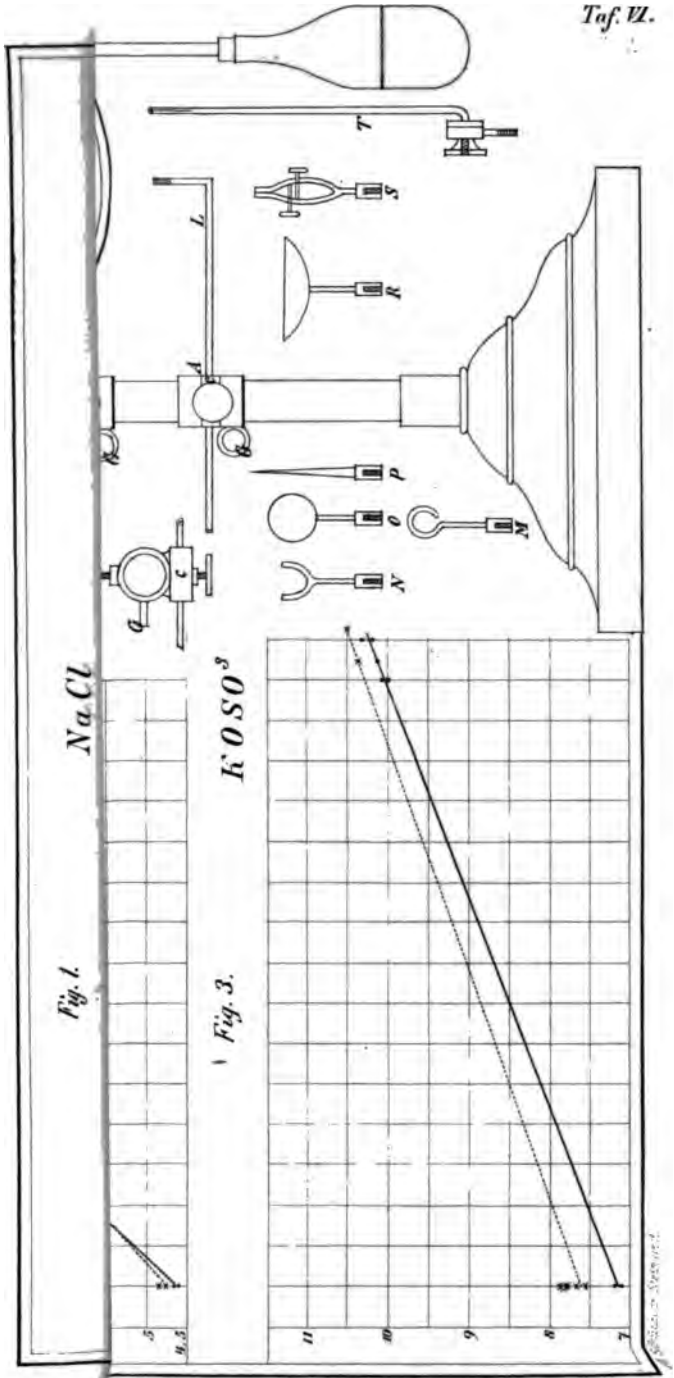


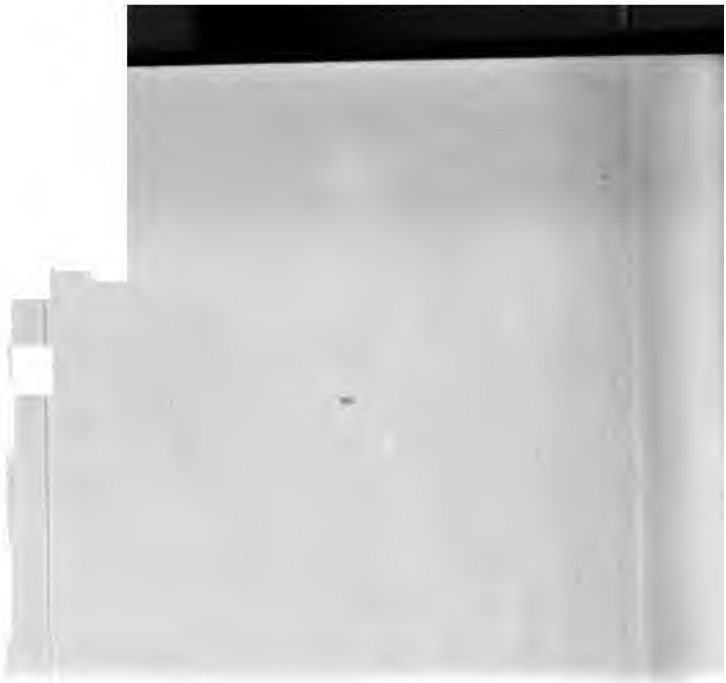

b
4.
40
50 Centimeter
8
c

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
AND
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
L

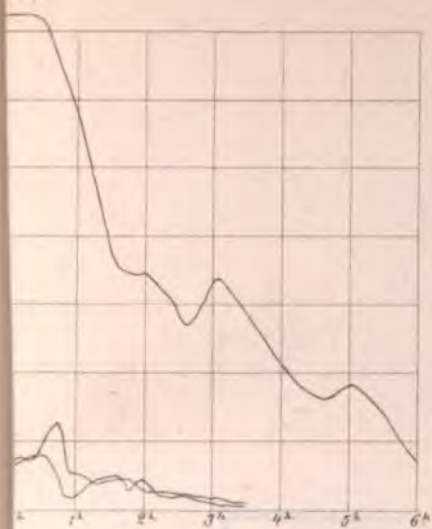
[redacted]

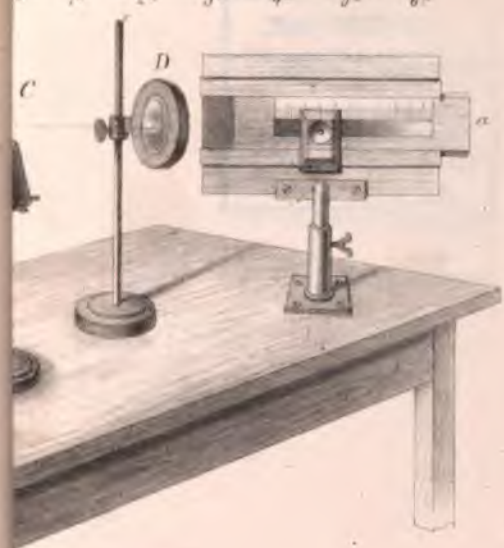
Taf. VI.





5.





A. Schultze lith.

Fig. 1. × 500.

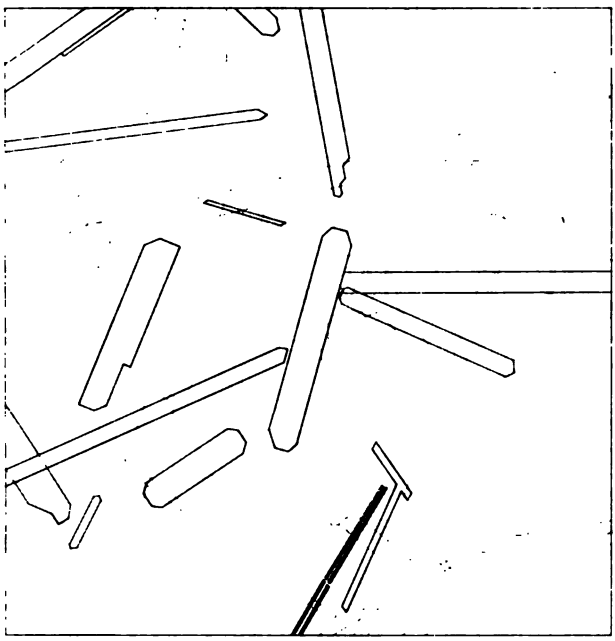
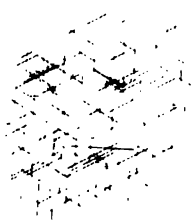
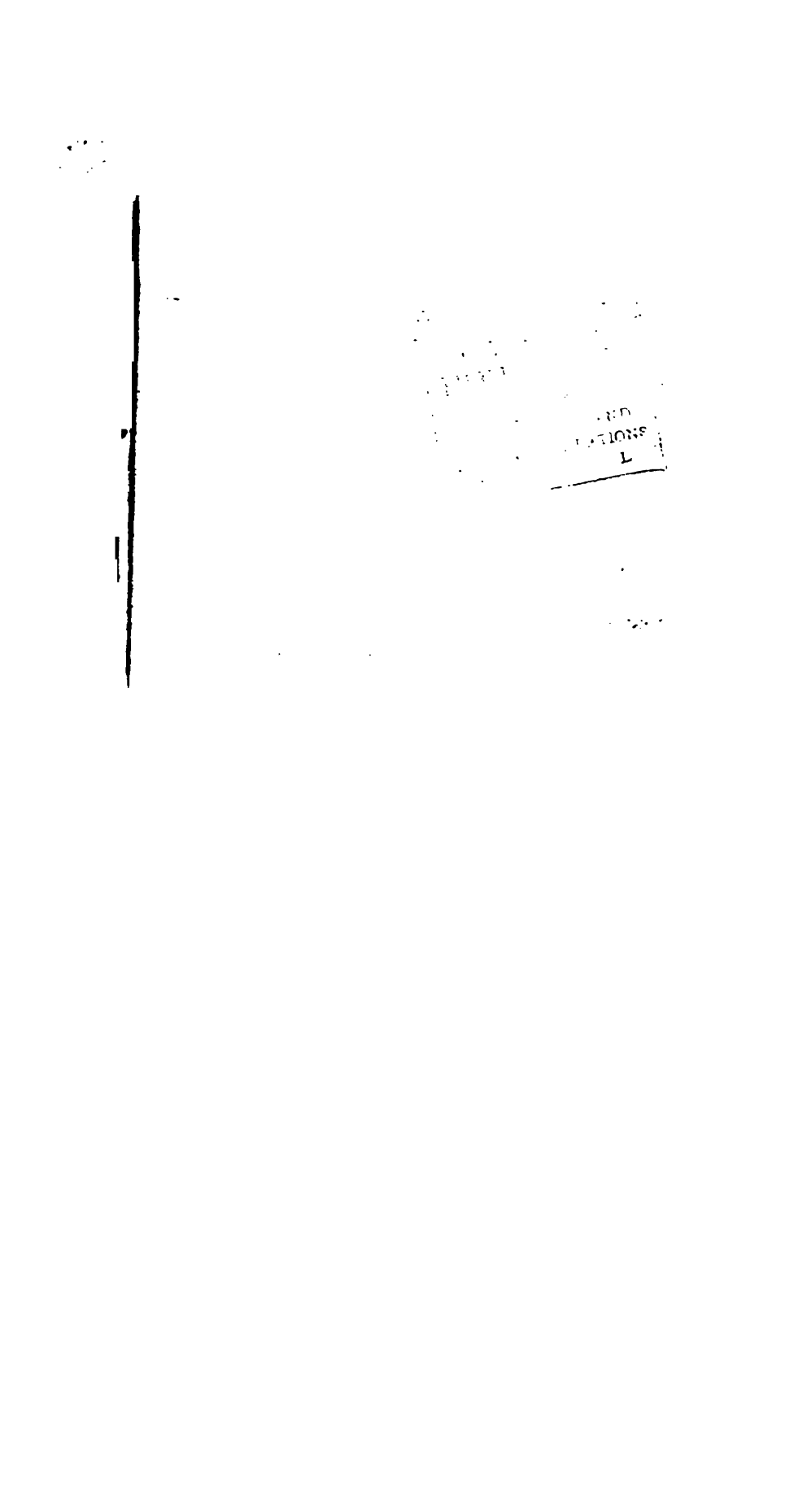
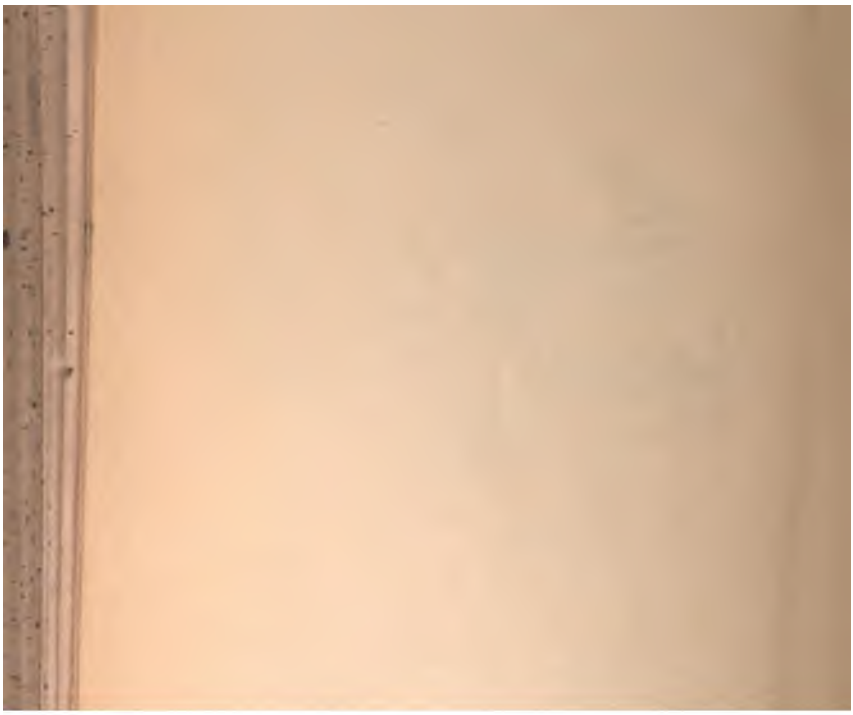
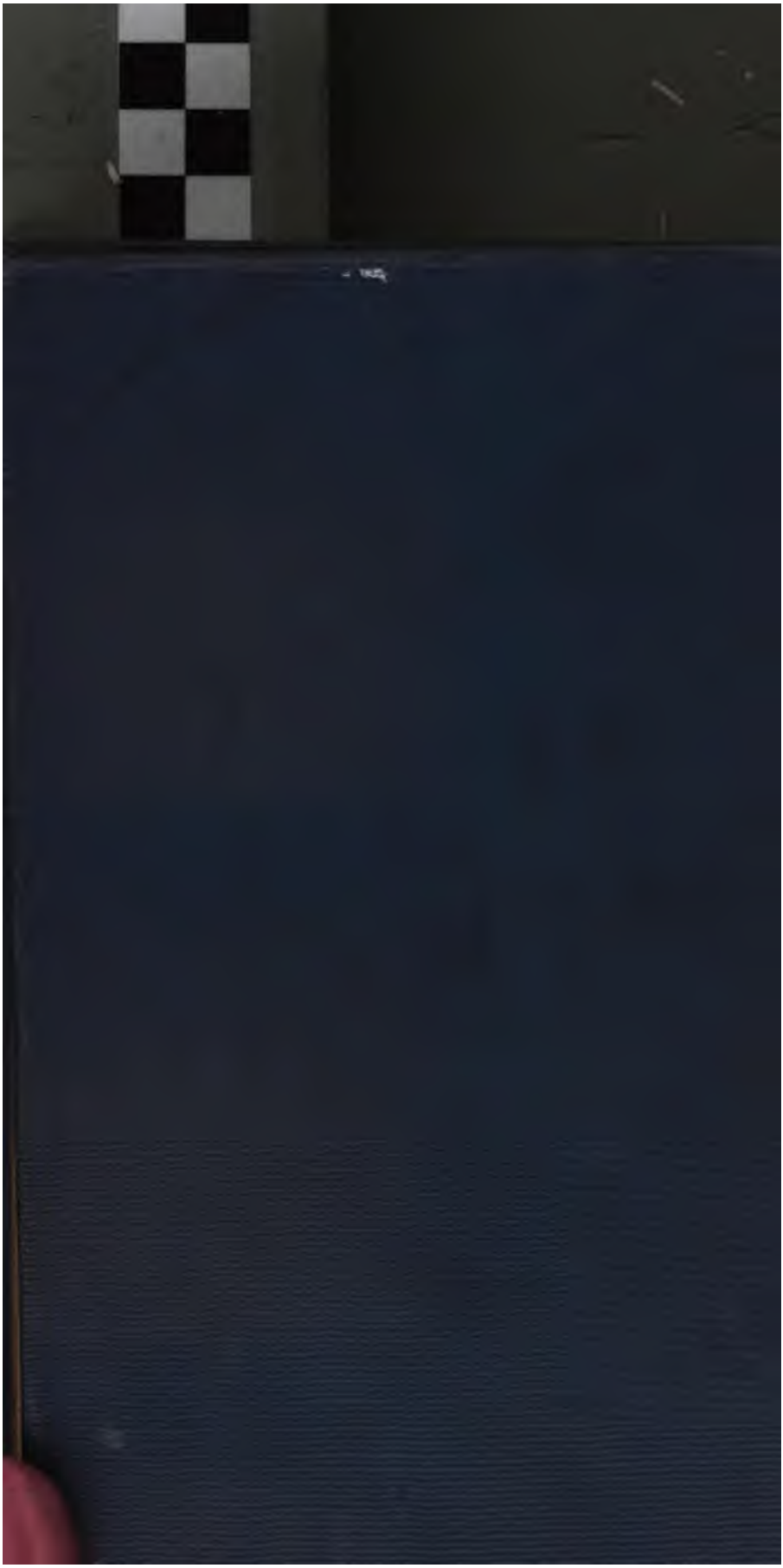


Fig. 2. × 24.



Nach einer Photographie v. H. Vogel
Lith. v. A. Schütze.





SEP 8 5 1935